آ. ای. اُپارین

حیات: طبیعت، منشأ و تکامل آن

ترجمهٔ هاشم بنی‌طرفی

چاپ ششم

حیات: طبیعت، منشأ و تکامل آن

آ. ای. اُپارین

حیات: طبیعت، منشأ و تکامل آن

هاشم بنی‌طرفی

تهران، ۱۳۵۸

چاپ اول، ۱۳۴۹
چاپ دوم، ۱۳۵۲
چاپ سوم، ۱۳۵۴
چاپ‌چهارم، ۱۳۵۶
چاپ پنجم، ۱۳۵۸
چاپ ششم ، ۱۳۵۸

شرکت سهامی کتابهای جیبی

این کتاب در ۷ هزار نسخه در چاپخانهٔ سپهر به‌طریق افست
چاپ و صحافی شده است.

فهرست مطالب

یادداشت مترجم بر چاپ سوم کتاب

پانزده سالی که‌از انتشار کتاب **حیات: طبیعت، منشأ وتکامل آن**، به زبان اصلی (۱۹۶۰) گذشته است، درستی اصـولی را که الکساندراپارین در این اثر و دیگر آثارش فرمولبندی کرده است، بیش از پیش به ثبوت رسانیده است. در این مدت کار بسیار در زمینهٔ حل مسائل موجود و تنظیم مسائل جدید راجع به تکامـل شیمیایی زمین وعالم وبررسی طبیعت اصلی حیات و منشأ وتکامل آن انجام شد. بشر توانست براساس تکامل منطقی علم وتکنولوژی از گهوارهٔ زمین پا به فضای کیهان بگذارد و چشم در آن بگشاید. او موفق شد که در خاک ماه پیاده شود واز آن بادست خـویش خاکبرداری کند، و مخصوصاً مسئلهٔ خاکبرداری از ماه با پیلهای خودکار مه‌نوردهای بی‌سرنشین را حل کند و سنگ و خاک ماه را به کف با کفایت خویش آورده مورد آزمایش قرار دهد. در این مدت، در جهان کنگره‌های ملـی و بین‌المللی مهمی دربارهٔ بررسی مسائل راجع به منشاء و تکامل شیمیایی زمین و عالم، پیدا شدن سیستمهای پرملکولی پیشزیستی، پیداشدن حیات و تکامل آن، زیست شیمی عمومی، زیست شیمی تکاملی و زیستشناسی برگزار شد و مقاله‌ها و کتابهای متعددی دربارهٔ مسائل متعدد راجع بـه خاستگاه عالم و حیات وتکامل این دو انتشار یافت. در پرتو این تلاش جهانی که بیش از نیم قرن کار پیگیرانهٔ الکساندراپارین و شاگردانش، درزمینهٔ مورد بحث، بخش عمدهٔ آن‌را تشکیل می‌دهد؛ اکنون مانند دیگر قلمروهای معـرفت بشری بسیاری از خطاهای جهل‌خاسته از میان رفته است ونه‌تنها جهان شناخته شده گسترش یافته‌است بلکه‌به گفتهٔ جان‌دسموندبرنال (John Desmond Bernal) فقیـد، **انسان بهتر از گذشته می‌دانـد که چـه نمی‌داند.** اینـجا به‌جا است کـه گفتهٔ جـورج والـد (George Wald) دانشمند معروف امریکایی (آزمایشگاههای زیستشناسی دانشگاه هـاروارد) از گزارش وی که در سال ۱۹۶۳، زیر عنوان «**منشاء حیات**» به نخستین نشـت علمی جشن یکصدمین سالگرد تأسیس فرهنگستان

ملی علوم ایالات متحده امریکا عرضه شد، نقل شود:

«بسیاری از نظریات ما دربارهٔ آغازهای حیات روی این سیاره از حدود سی سال پیش متداول گردید که استدلالهای کنونی را جی.بی.اس. هالدین J. B. S. Haldane و با تفصیل بسیار بیشتری ا. ای. اپارین معمول ساختند.»*

الکساندراپارین در این مدت پانزده سال سخنرانی‌ها ومقالات متعددی دربارهٔ منشاء حیات در زمین و عالم داشته است و مترجم از انتشار دو اثر برجستهٔ او بـه زبـان انگلیسی، یکـی به نـام: The Chemical Origin of Life (منشاء شیمیایی حیات) ودیگری باعنوان: The Genesis and Evolutionary Development of Life (پیدا شدن و رشد تکاملی حیات) آگاهی دارد وافتخار دارد که به‌زودی ترجمهٔ فارسی کتاب **منشاء شیمیایی حیات** را به‌وسیلهٔ مؤسسهٔ انتشارات فرانکلین تقدیم دانشدوستان و دانشجویان کشور کند.

کتاب **حیات: طبیعت، منشاء و تکامل آن** از زبان انگلیسی از روی تـرجمهٔ بانـو آن سینگ Ann Synge با عنـوان: Life: Its Nature, Origin and Development چـاپ انگلستان(Oliver and Boyd, 1961) به‌فارسی ترجمه شده است.

این ترجمه ومانندهایش کوششی است برای کمك به‌گسترش و رشد دانش نو درمیهن‌ما، برای رخنهٔ ژرفتر وگسترده‌تر آن درجامعهٔ ما وبرای این‌که محققان کنونی‌ما باگامبرداری در راه درست تحقیقات علمی بتوانند، در حـدود امکانهای موجود، از خـود میراثی ارزشمندتر و ماناتر از آن نیاکان پرارجشان برجای بگذارند.

مترجم انتقادات بجا و تقدیرهای پرمهر منتقدان و استقبال مردم‌دانشدوست ازکتاب **حیات: طبیعت، منشأ وتکامل‌آن** را سپاس می‌گزارد و آرزو می‌کند که درآینده بتواند به‌رغم همهٔ دشواریهای زندگی شخصی‌اش به‌این خدمت ادامه دهد.

مترجم خوب می‌داند که کارکنان و کارگران مسئول تولید، تصحیح، چاپ و صحافی مؤسسهٔ انتشارات فرانکلین و مخصوصاً استاد ارجمند، آقای دکترمحمود بهزاد، چه زحماتی کشیده‌انـد

---

* Centennial Celebration of the National Academy of Science, First Scientific Session, October 1963, History of the Universe, pp. 595

که این کتاب هربار بهتر از بار پیش تقدیم خوانندگان شود. بدین جهت برای زحمات وتلاشهایشان ارج بسیار می‌نهد واز همهٔ آنان وبه‌طور کلی از مؤسسهٔ فرانکلین که این کتاب به کمك آن انتشار یافته است، تشکر می‌کند.

هاشم بنی‌طرفی

فروردین ۱۳۵٤

پیشگفتار مؤلف

این کتاب دنبالهٔ طبیعی کار در زمینهٔ منشاء حیات است که سالهای بسیاری بدان اشتغال داشته‌ام. تاهمین اواخر، این مسئله ومسئلهٔ طبیعت اصلی حیات به‌مثابهٔ دو مسئلهٔ مستقل از یکدیگر تلقی می‌شدند. اولی تقریباً به‌طور کامل توسط محققان تجاهل می‌شد، در حالی که مفهوم طبیعت اصلی حیات با دید ماوراءالطبیعه و به کلی مجزا از منشاء آن بررسی می‌گردید.

امروزه دانشمندان هرچه بیشتر درمی‌یابند که این دو در حقیقت یك مسئله را تشکیل می‌دهند وطبیعت حیات ومنشأ وتکامل آن را تنها در ارتباط ناگسستنی‌شان می‌توان بررسی کرد.

این کتاب کوششی برای آشنایی به مسئلهٔ طبیعت حیات از این نقطهٔ نظر است.

اینجا می‌خواهم از خانم گلمن Gel'man ، نامزد عضویت فرهنگستان علوم، که در کار تألیف این کتاب به‌من کمك کرده‌اند، عمیقاً سپاسگزاری کنم.

آ. ای. اپارین

پیشگفتار مترجم

بارها با چنان نفوذ کلامی که گویی جای هیچ تردیدی نیست ، به‌ما گفته‌اند که جوهر اشیاء همیشه باید برما پوشیده بماند ؛ که ما ، همچون کودکی که بینی خویش را به‌جام پنجره می‌فشارد، یارای دیدن دارد اما قادر به‌دخول نیست ، باید همیشه در بیرون طبیعت بمانیم . این مفهوم راجع به‌منشأهای ما، نظرگاه دیگری‌را تقویت می‌کند. ما از بیرون به‌عالم نمی‌نگریم . ما ازدرون بدان نظرمی‌افکنیم. تاریخ آن تاریخ ما ومواد ترکیبی آن مواد ترکیبی ما است . با پی‌بردن بدین‌حقیقت می‌توانیم اطمینان یابیم که آنچه می‌بینیم واقعی است .

جرج والد

از گذشتهٔ بسیاردورتا قرن حاضر، این‌دومسئلهٔ به‌هم‌بسته که «طبیعت حیات چیست» و«حیات باهمهٔ گوناگونیهایش‌چگونه روی زمین به‌وجودآمد»، مستقل ازیکدیگر، انسان اندیشمندرا به‌خود مشغول‌داشته بودند . در طول هزاران سال چه بسیار خیال باطل کودکانه دراین‌زمینه به‌خاطرانسان‌خطور کرد ودر آن نقش‌بست و سرانجام محوگردید وجای خودرا به‌افکار دیگرداد. بدیهی‌است که بدون علم به قوانین‌طبیعت ، انسان هرگز نمی‌توانست اندیشهٔ درستی راجع به‌جریان پدیدآمدن حیات وسایرپدیده‌های طبیعی دارا باشد ودراین‌زمینه هرچه می‌اندیشید ، بسیارسطحی بود واز واقعیت دور. اساساً انسان خودرا مدتها ازرنج اندیشهٔ چگونگی پیدا شدن حیات برروی زمین رهانیده بود ، چه معتقد بود که

خورشید موجودی زنده است وماه وستارگان هم جاندارند وزمین با هرچیز روی‌آن زنده است و به‌طورکلی هرچه حرکت می‌کند یا تغییر می‌یابد زنده است (**هیلوزوئیسم**[۱]) . در این صورت آیا طرح پرسش «حیات چگونه پیدا شد؟» سؤال مسخرهٔ بی‌اساسی جلوه نمی‌کرد ؛ این شیوهٔ تفکر قرنها وشاید بتوان گفت هزاران سال دوام داشت . اما انسان نمی‌توانست که معرفت خود به‌طبیعت پیرامون‌را مدتهای مدید فقط درمحدودهٔ هیلوزوئیسم نگه‌دارد. او به‌تدریج دریافت که میان زنده وغیرزنده فرقی‌هست. انسان‌پی‌درپی می‌دید کــه مثلاکرم دربرابرچشمانش درلجن یــا خاك مرطوب به‌سرعت به‌وجود می‌آید ، قارچهــا یکباره و در انــدك زمانی می‌رویند و به‌طورکلی‌موجودات زندهٔ گوناگون نه‌فقط ازموجودات زندهٔ مشابه‌خودبلکه ازمواد غیرزندهٔ روی زمین‌نیز تولیدمی‌شوند. این امرسبب شدکه نظریهٔ معروف **خلق‌الساعه**[۲] موجودات زنده از موادآلی به‌وجودآیدکه ردآن را می‌توان تا زمان فلاسفهٔ ایونی گرفت. این نظریه در دوران تسلط فلسفهٔ اسکولاستیك درقلمرو زیست شناسی فرمانروای مطلق بود وبخش‌عمدهٔ افکار واندیشه‌های بشررا دربــارهٔ پیدا شدن حیات و تکون موجودات زنده تشکیل می‌داد . فیلسوفــانی همچــون **اناکسیماندر**[۳] ، **گزنوفان**[۴] ، **امپدوکلس**[۵] ، **ارسطو**[۶] ، **اپیکور**[۷] و شاعرانی مانند **تیتوس لوکرسیوس کاروس**[۸] و **هومر** می‌گفتند یا می‌نوشتند و یاد می‌دادندکه موجودات زندهٔ گوناگون‌ازلجن، آب، چوب، اجساد جانوران وغیره یا از تأثیر بارانها یا «بخارهای گرم خورشید» برروی خاك زمین به‌وجود می‌آیند. حتی درتورات نیزاین‌عقیده

---

۱. Hylozoism   ۲. Generatio Spontanea

۳. Anaximander   ۴. Xenophanes

۵. Empedocles   ۶. Aristotle   ۷. Epicurus

۸. Titus Lucretius Carus

درمورد خلق‌الساعه زنبورعسل به‌صورت معمای شیر و زنبورعسل شمشون بیان شده است که گفته بود: «از خورنده، خوراك بیرون آمد واز زورآور، شیرینی بیرون آمد.»[۱] طبیعی‌است که مردم‌ساده نیز جز این‌اعتقادی نمی‌توانستند داشت. هرچند که قبل از ارسطو نیز ازخلق‌الساعه جانداران سخن‌می‌رفت، اما اورا به‌علت تصنیف آثار متعددش دربارهٔ طبیعت حیات و منشأ آن ، مانند «دربارهٔ منشأ جانوران » ، « تاریخ جانوران » ، « دربارهٔ روح » و «آموزشی دربارهٔ گیاهان» و غیره ، به‌حق می‌توان بنیانگذار تئوری‌خلق‌الساعهٔ حیات دانست. تعالیم ارسطو دربارهٔ خلق‌الساعه قرنها به‌دانش‌پژوهان یاد داده می‌شد ولی‌باگذشت زمان دستخوش تعدیل و تغییر گردید . برطبق نظریهٔ ارسطو جانوران نه‌فقط از دیگرجانوران مشابه خود به وجود می‌آیند ، بلکه همواره از مادهٔ غیرزنده به‌وجودآمده وبه‌وجود می‌آیند. ارسطو می‌آموخت که موجودات زنده مانند اشیای مجسم دیگرازاتحاد یك اصل انفعالی به‌نام « ماده » با یك اصل فعال موسوم به «**صورت**»[۲] ایجاد می‌شوند. صورت روح موجودات زنده تلقی‌می‌شد وصورت یافتن اشیاء « فعلیت » نام داشت. براساس نظریهٔ ارسطو فعلیت به‌جسم، سازمان وحرکت می‌دهد . بدین‌سان ماده به‌تنهایی فاقد حیات است اما به‌کمك انرژی روح زنده می‌شود و برطبق غایتی شکل و سازمان می‌یابد . جوهر داخلی یا روح به‌ماده حیات می‌بخشد وآن‌را زنده نگه می‌دارد. اما بنابرعقیدهٔ ارسطو، روح ازپیش درعناصراولیه (آب، خاك، باد وآتش) سازندهٔ موجودات زنده وجود دارد وبسته به‌اینکه چه عنصری غالب باشد موجودات زندهٔ خاصی به‌وجود می‌آیند ، به‌طوری‌که از خاك ، گیاهان ، ازآب ، جانوران آبی ؛ از هوا ، موجودات خاکی ؛ و ازآتش

---

۱. مراجعه شود به‌کتاب مقدس ، عهدعتیق ، سفر داوران ، باب چهاردهم .
۲. Form

ساکنان اجسام سماوی به‌وجود می‌آیند.

ارسطو عقیده داشت که از چوب درختان کرم به‌وجود می‌آید؛ خرمگس هم از چوب تولید می‌شود؛ ذراریح از شفیرهٔ[1] حشره‌ای به‌وجود می‌آیند که در درخت انجیر یا گلابی یا کاج تولید می‌گردد؛ آسکاریس، کرمهای معمولی، نوزادهای زنبور، کنه، شبچراغ و بسیاری از حشرات دیگر از شبنم یا لجن و کود، از چوب خشك، مو، عرق بدن و گوشت به‌وجود می‌آیند؛ ولی کرم کدو در قسمت فاسد شدهٔ بدن ومدفوع تولید می‌شود. درمورد جانوران عالیتر هم تصور می‌رفت که ممکن است به‌طور خلق‌الساعه به‌وجود آیند، مثلا گمان داشتند که خرچنگها و نرمتنان، مارماهی و بسیاری از انواع ماهی از لجن به‌وجود می‌آیند.

تیتوس لوکرسیوس کاروس (۵۵-۹۶؟ ق.م.) شاعر روم قدیم در اشعار خود گفته است: «حتی امروز نیز بسیاری از حیوانات درنتیجهٔ عمل بارانها یا بخارهای گرم خورشید برروی زمین به‌وجود می‌آیند.» وهومر شاعر یونان باستان نیز گفتهٔ **آشیل** را نقل می‌کند که در مقابل بدن زخمی **پاتروکلوس**[2] به‌مادرش گفته بود: «اما دربارهٔ فرزند دلیر **منوتیوس** بسیار می‌ترسم که در این هنگام مگسها از راه جراحتی که با برونز ایجاد شده داخل گردند، ایجاد کرم کنند، چرك تولید نمایند وتمام بدن را فاسد کنند.»

دردوران سلطهٔ مسیحیت نظریهٔ ارسطو با تعالیم مسیحیت تلفیق یافت وبا افسانه‌ها وخرافه‌های به‌مراتب بیشتری آمیخته‌شد.

درقرون‌وسطی دانشمندان برجسته وجهانگردان شایع کرده بودند که غاز و اردك از بعضی درختان به‌وجود می‌آیند. فکر به‌وجود آمدن پرندگان از نباتات چنان قوت یافت که مقامات کلیسایی مناسبترین راه گریز ازدشواریهای روزه‌داری را دراستفاده

---

۱. Nymph ۲. Patroclus

از این تئوری یافتند و بدین‌ترتیب خوردن گوشت غاز و اردك را در روزهای روزه‌داری معمول کردند.

نوعی از جانوران دریایی معروف به **اردك دریایی**[۱] یا صدف ماهی خود را به‌تخته سنگها، صخره‌ها، ته قایقها و کشتیها و گاهی به‌درختانی که درون آب می‌افتادند، می‌چسباندند و غشایی آهکی‌شبیه صدف تشکیل می‌دادند. این امر درسواحل‌شمال اسکاتلند به‌هنگامی رخ می‌دهد که غازهای قطبی از سوی شمال می‌رسند. همزمانی این‌دوحادثه سبب‌می‌شد که متفکران ساده‌لوح قرون وسطی تصور نمایندکه غازها از«درخت غاز» زاده می‌شوند.

همچنین می‌توان از افسانهٔ برهٔ نباتی یادکرد. این‌افسانه ساختهٔ اروپاییانی است‌که به‌مشرق سفرکرده بودند. آنان از برهٔ نباتی‌داستانها سرهم‌بندی می‌کردندکه خود درمشرق‌زمین گیاهان ودرختانی‌را دیده یا شنیده بودندکه میوه‌شان‌شبیه‌خربزه وحاوی برهٔ کاملی بود و شرقیان‌آن میوه را به‌جای گوشت می‌خوردند.

کیمیاگران قرون وسطی، خسته از تلاشهای ناکام خویش برای تبدیل فلزات به‌طلا، به‌تئوری خلق‌الساعه موجودات زنده روی‌آوردند و بدان شاخ و برگ بسیار دادند. پزشك و کیمیاگر بزرگ قرن شانزدهم، **پاراسلسوس**[۲] «مشاهدات» خود را دربارهٔ خلق‌الساعه موش، مارماهی، لاك‌پشت و غیره، ازآب، باد، کاه و چوب پوسیده شرح داده ومثلا گفته‌بودکه از مغزدانهٔ گندم وعرق انسان می‌توان موش به‌وجود آورد. او معتقد بودکه اصلی به‌نام **«روح حیات»**[۳] موجب خلق‌الساعه موجودات زنده می‌شود. چنانکه می‌دانیم بعدها این نظریه‌که از تعالیم ارسطو سرچشمه می‌گیرد در وجود ویتالیسم جان‌گرفت و پرورانیده شد. بـا بالا گرفتن کارآزمایش برای به‌وجودآوردن موجودات گوناگون از

---

۱. Lepas anatifera
۲. Paracelsus
۳. Spiritus Vitae

راه خلق‌الساعه این‌فایده را هم داشت‌که بعضیها با اصلاح تکنیك عقیم‌ساختن وعقیم‌نگه‌داشتن مصالح‌کار به‌بطلان تئوری خلق‌الساعه موجودات زنده ازمواد غیرمشابه پی‌ببرند .

در نیمهٔ دوم قرن هفدهم طبیبی از اهالی توسکانی به‌نام **فرانچسکو ردی**[1] نخستین ضربه را بر پیکر تئوری خلق‌الساعه حیات زد (۱۶۶۸). اوبا تجربیات‌خود ثابت‌کردکه‌کرمهایی‌که روی‌گوشت تولید می‌شوند ، نوزاد مگسند و اگر گوشت را در ظرفی سترون نهاده با ململ بپوشانند دیگرهیچ‌کرمی از آن به‌وجود نمی‌آید. امانه‌تنها فرانچسکوردی بلکه سایردانشمندانی که بعد ازاوبرای ابطال نظریهٔ خلق‌الساعه موجودات زنده‌کار و تجربه‌کردند، تا پاستور، یعنی‌تا قریب دویست‌سال‌بعد، هیچ‌کس نتوانست ضربهٔ نهایی و قطعی را بر این تئوری واردکند . کشف میکربها توسط **آنتون ون لی ونهوك**[2] که درسال۱۶۷۴ صورت گرفت ، هرچند که به‌خودی خود فقط وجود موجوداتی ذره‌بینی را ثابت می‌کرد ، اما به‌علت نقص تکنیکی‌آزمایشها برای اثبات نظریهٔ خلق‌الساعه موجودات مورداستفادهٔ دانشمندان طرفدارآن واقع شد . به‌تدریج لکهٔ نظریهٔ خلق‌الساعه موجودات پرباختهٔ ساده وعالی ازدامن علم زدوده شد ولی خلق‌الساعه میکربها جای آن‌را گرفت و تا مدتی هم هرچه بیشتر قوت یافت .

قویترین طرفداران این‌نظریه ، الهیون بودندکه ازکتاب مقدس الهام می‌گرفتند. آنان برمتافیزیك ارسطویی متکی بودند واز پشتیبانی فلاسفهٔ ایده‌آلیست برخورداری‌کامل داشتند . بنابر عقیدهٔ آنان ساختمان وسازمان هرموجود زنده دوگانه‌است‌کالبدو روح . حیات آفریدهٔ یك قدرت مطلق ازلی ـ ابدی است . روح همیشه بوده،هست وخواهد بود. روح جوهری ازلی‌ـ ابدی‌است و

---

۱. Francesco Redi

۲. Anton van Leeu wen hoek (۱۶۳۲-۱۷۲۳)

جزئی ازهمان روح کل وقدرت مطلق است. روح اصلی فعال است که به‌مواد اولیه کالبد سازمان می‌دهد و آن‌را زنده نگه می‌دارد و وقتی که ازآن خارج می‌شود ، کالبد باز به‌همان حالت غیرزندهٔ اولیهٔ خود بازمی‌گردد . کالبد جسمی فناپذیر و انفعالی است . به‌وجودآمدن حیات وموجودات زنده کاریك قدرت ماورای طبیعت است و ما هرگز نمی‌توانیم بدان معرفت بیابیم و براین اساس ، دانشمندان بیهوده به‌کارتحقیق دربارهٔ طبیعت اصلی حیات وشناخت خاستگاه یا خاستگاههای آن می‌پردازند .

ویتالیسم نیزکه اصالت نیرویی مستقل از جسم را به‌نام «نیروی حیات» تبلیغ می‌کند مبتنی برهمین عقاید است . چنانکه می‌دانیم ویتالیستها خدمتگزارترین مریدان نظریهٔ خلق‌الساعه موجودات زنده بودند. آنان براین‌عقیده بودندکه«نیروی‌حیات» در ذرات خیسانده‌ها ومحلولهای‌آلی موردآزمایش نهفته است و همین نیروست که می‌تواند.موادآلی‌غیرزنده را به‌موجودات زندهٔ ذره‌بینی .تبدیل نماید .

تا نیمهٔ اول قرن شانزدهم علوم طبیعی درحالت وارونهٔ کم تحرك وتاحدی بی‌ثمرروی دستهای‌خود، بسته به‌یوغهای سه‌گانهٔ خرافات مذهبی، متافیزیك ارسطویی وسیستم بطلمیوسی‌مرکزیت زمین پا در هوا باقی مانده بودند . **کپرنیك**[۱] با اعلام نظریهٔ مستدل خود دربارهٔ مرکزیت خورشید وگردش زمین و سیارات دیگربه‌گردآن یکی‌از زنجیرهای اسارت علوم طبیعی‌را پاره‌کرد ودرعین‌حال دویوغ دیگررا سست‌ترساخت. درقرن هفدهم **کپلر**، **گالیله** و **نیوتن** کار کپرنیك را به‌اتمام رسانیدند . زمین از سریرفرمانروایی‌غصبی به‌پایین‌کشیده شد وخورشید به‌مقام شایان خود رسید . ثابت شدکه زمین مرکز عالم نیست و سیاره‌ای بیش

---

۱. Nicolaus Copernicus (۱۴۷۳–۱۵۴۳)

نیست که هم به‌گرد خود وهم به‌گرد خورشید می‌گردد؛ واین که قوانین‌مکانیك وقانون‌جاذبهٔ نیوتن‌حاکم برحرکت اجرام‌آسمانی است . درقرن هیجدهم ،**کانت** قلم بطلان برنظریهٔ ابدیت منظومهٔ شمسی کشید وثابت کرد که منظومهٔ شمسی‌ما زمانی وجود نداشته و به‌مرور زمان به‌وجودآمده است. بدیهی‌است که قبول این نظریه مستلزم این بود کـه برای زمین و همهٔ پدیده‌هـای طبیعی درون منظومـهٔ شمسی نیز آغاز وخاستگاهی پذیرفته شود . تنها درقرن نوزدهم بود که بـا سه‌کشف بزرگ علمی، یعنی تئوری ساختمان سلول کـه دو زیست شناس‌آلمانی ، **تئودورشوان**[1] و **ماتیاس یاکوب‌شلایدن**[2] آن‌را بنیانگذاری کردند ، تئوری تکامل **چارلز داروین** مبتنی بر انتخاب طبیعی و بالاخره قانون تغییرشکل یا بقای انرژی **رابرت مایر**[3] ، **ژول**[4] و **کولدینگ**[5] که بعدها به‌صورت قانون بقای جرم وانرژی ($E=\Delta MC^2$) اینشتین اصلاح گردید ، علوم طبیعی زنجیرهای اسارت قرون‌را پاره کردند، و روی‌پاهای‌خود قرارگرفتند وبه‌تناسب‌آزادترشدن،امکان پیشرفت وگام برداری نسبتاً آزادتر و یارای دورخیزهای پی‌درپی برای جهشهای‌آینده را یافتند .

طبیعی است که در چنان شرایطی نظریـات و بـه‌اصطلاح تئوریهای غیرعلمی همچون‌نظریهٔ خلق‌الساعه حیات نمی‌توانستند به‌حیات خود ادامه دهند . دانشمندی دقیق ، پرحوصله و پیگیر همچون **لوئی پاستور** (۱۸۹۵-۱۸۲۲) ، پدر میکروبیولوژی قد برمی‌افرازد و به‌ندای‌آکادمی علوم فرانسه پاسخ مثبت می‌دهد وباآزمایشهای دقیق‌خود که درآنها تمام جوانب امورمورد توجه

---

۱. Theodor Schwann (۱۸۱۰–۱۸۸۲)

۲. Matthias Jacob Schleiden (۱۸۰۴–۱۸۷۱)

۳. Robert Mayer ۴. Joule ۵. Colding

واقـع شده و همهٔ احتیاطهای لازم برای سترون نگه‌داشتن مواد موردآزمایش وظروفشان رعایت شده بود برگزارش مفصل **پوشه**[۱] وادعاهای ناصحیح وی‌قلم قرمزمی‌کشد وبطلان نظریهٔ خلق‌الساعه موجودات‌را به‌یکباروبرای‌همیشه ثابت می‌کند وسرانجام جایزهٔ موعودآکادمی‌علوم فرانسه‌را ازآن خویش می‌گرداند(۱۸۶۴).

ابطال‌نظریهٔ خلق‌الساعه حیات هرچندکه مانعی بزرگ را ازراه دانشمندان برداشت ، امـا در نتیجه آن مشکلات تـازهٔ بزرگی بـه‌وجودآمـد . دانشمنـدان نتیجـه‌گرفتندکـه ناممکن بودن خلق‌الساعه حیات مانند قانون‌جاذبهٔ عمومی امرمسلمی‌است واین امر در بینهایت زمان و مکان نیز صدق می‌کند . بنابراین اساس نتیجه‌گرفته شدکه اولا موجودات زنده فقط وفقط از موجودات زنده مشابه خود به‌وجودآمده و به‌وجود می‌آیند؛ **ثانیاً** حیات از ازل بوده است و تا ابد ادامه خواهد یافت . درآن هنگام مسئلهٔ حیات زمینی یـا به‌سخن بهتر جریـان پیدا شدن حیات برکرهٔ خاکی ما بدین صورت مطرح می‌شد : می‌دانیم‌که حیات ازلی و ابدی است ومی‌دانیم‌که زمین ما از ازل نبوده ودرموقع به‌وجود آمدن‌گوی بسیارداغی‌بوده‌است وچنان شرایطی برآن حکمفرما بودکه به‌هیچ‌وجه نمی‌توانست دارای موجود زنده باشد . براین اساس معلوم‌کنیدکه حیات چگونه روی زمین پیدا شد ؟

برای حـل ایـن مسئله ، **ریختر**[۲] تعالیم **انکساغورس**[۳] فیلسوف قـرن پنجم قبل از میلاد مسیح را زنده‌کـرد . چنانکه می‌دانیم انکساغورس می‌آموخت‌که حیات از ازل بوده‌است و تا ابد ادامه خواهد داشت ؛ نه خلقت حیات ونه فنای‌آن هیچ‌کدام امکان‌پذیر نیست؛ جنینهای اثیری یا تخمهای تغییر ناپذیر بسیار خرد و به‌نام **اسپرماتا**[۴] از هـوا تـوسط باران به‌زمین منتقل

---

۱. Pouchet ۲. H. E. Richter ۳. Anuxogoras

۴. Spermata

می‌شوند، درخاك مرطوب زمین بارور می‌گردند ودرنتیجهٔ این امر موجودات زندهٔ گوناگون به‌وجودآمده و به‌وجود می‌آیند .

با توجه به‌نتایج اولیه‌ای که دربارهٔ مسئلهٔ پیداشدن حیات از بطلان نظریهٔ خلق‌الساعه موجودات ذره‌بینی گرفته و در بالا به‌اختصار ذکر گردید ، ریختر بنیانگذار فرضیهٔ دیگری که **پان اسپرمی**[1] نامیده شد ، ابراز عقیده کرد که عالم از لحاظ زمان ومکان بی‌انتها است؛ آغازی نداشته وهرگز پایانی نخواهدداشت واین امر بدین سبب است که ماده و انرژی فناناپذیر است وفقط شکل آنها تغییر می‌کند . برای حیات هم آغاز و پایانی نمی‌توان تصور کرد . تخمهای حیات درفضای بیکران منتشرند و براساس همین اعتقاد به‌انتشار سپهرگیر بذرهای حیات است که کلمهٔ پان اسپرمی و سپس **کاسموزوئیسم**[2] یا اصالت حیات در کیهان عنوان گردید وتا اوایل قرن بیستم نقل مجالس و محافل زیست شناسی شد .

ریختر عقیده داشت که از اجرام کیهانی ، به‌علت سرعت زیادی که دارند ، سنگهایی جدا می‌شود و این سنگهای آسمانی سرگردان **هاگهای**[3] موجودات ذره‌بینی را با خود می‌برند . بدین‌ترتیب وقتی که یك سنگ آسمانی حامل هاگهای زنده روی یك سیارهٔ دارای شرایط مساعد زیست فرود می‌آید، غشای پوششی هاگها باز می‌شود . نمو و رشد و تکثیر موجودات ذره‌بینی تازه‌وارد در محیط جدید شروع می‌شود، سیاره ازحالت سترونی بیرون می‌آید وحیات برروی آن بمرور زمان گسترش می‌یابد. طرفداران نظریهٔ پان اسپرمی استدلال می‌کردند که همان طور که موادآلی سترون لوله‌های سترون آزمایش، فقط ازراه ارتباط هوای آلوده محیط کشت باکتریهای مختلف می‌گردند ، درآن

---

۱. Panspermy ۲. Cosmozoism ۳. Spores

هنگام‌کــه زمین هنوز بی‌حیات بود، پس از سرد شدن و یافتن شرایط مساعد زیست ، کشتزار بزرگ باکتریهایی گردید که از فضاهای خارج بوسیلهٔ سنگهای‌آسمانی برپهنهٔ وسیع آن افشانده شدند .

ریختر و پیروانش وجود زغال را در سنگهای هوایی[۱] یا **سنگهای آسمانی زغال‌دار**[۲] دلیل قاطع این طرز انتقال حیات می‌دانستند . آنان همچنین عقیده داشتندکه چون موجودات ذره‌بینی درهمه‌جای جو زمین پراکنده‌اند ممکن است از بالای جو به‌سنگهای‌آسمانی فضای خارج منتقل گردند و به‌سیارهٔ قابل سکونت دیگری برده شوند .

ازجملهٔ معروفترین پیروان فرضیهٔ پان اسپرمی یا تئوری اصالت حیات کیهانی **یوستوس فون لیبیگ**[۳] شیمیدان آلمانی و **هرمان فون هلمهولتز**[۴] فیزیــولوژیست ، و فیزیکــدان آلمــانی ، و **ویلیام تامسن**[۵] فیزیکدان انگلیسی و **سوانته اوگوست‌آرنیوس**[۶] شیمیدان سوئدی ، بوده‌اند ، هریك از اینان به‌سهم خود به‌بسط وتشریح فرضیهٔ پان اسپرمی کمك کردند وبرای اثبات‌آن اهتمام ورزیدند . مثلاآرنیوس کوشید ثابت‌کند که انتقال ذرات از جسمی‌آسمانی به‌جسم‌آسمانی دیگر امکان‌پذیر است . او ابراز عقیده کردکه ذرات ریز حامل موجودات زنده بوسیلهٔ جریانهای قوی بادهــای ناشی از آتشفشانیها به‌ارتفاعات بسیار بلند جو منتقل می‌شوند و درآنجا به‌علت تخلیه‌های الکتریکی به‌سادگی به‌فضای خارج جو رانده می‌شوند

---

۱. Aerolites　۲. Carbonaceous meteorites

۳. Justus von Liebig (۱۸۰۳–۱۸۷۳)

۴. Hermann von Helmholtz (۱۸۲۱–۱۸۹۴)

۵. William Thomson (۱۸۲۷–۱۹۰۷)

۶. Svante August Arrhenius (۱۸۵۹–۱۹۲۷)

وازآنجا تحت‌فشار یك‌طرفهٔ اشعهٔ خورشید به‌نقاط دورتر ودورتر سوق داده می‌شوند . بنا بر عقیدهٔ آرنیوس نظیر ایـن پدیده در سیارات دیگر نیز رخ می‌دهد . او حتی با محاسبه نشان داد که هاگهای رهاشده ازجاذبهٔ زمین، تحت تأثیر خورشید، می‌توانند در مدت ۱۴ ماه از قلمرو منظومهٔ شمسی خارج گردند و پس از ۹۰۰۰ سال به‌نزدیکترین ستاره یعنی **القنطورس**[1] برسند .

تمام کوششهایی که به‌عمل آمد تا اثری‌ازموجودات‌ذره‌بینی روی سنگهای‌آسمانی یافته شود با عدم موفقیت روبرو گردید . فقط **لیپمن**[2] با آزمایش چند سنگ آسمانی ظاهراً آثاری از باکتریها و هاگهایشان یافت کـه کاملا شبیه موجودات ذره‌بینی روی زمین بودند (۱۹۳۲) . هیچیك از دانشمندان دیگر حتی آنان که تکنیك لیپمن را درآزمـایش سنگهای آسمـانی به‌کار برده‌اند ، اثری از باکتری وحیات نیافته‌اند . حتی مواد آلی زیست خاسته‌که **ناقرینگی**[3] خاصی دارند هرگز در سنگهای آسمانی به‌میزانی که بتوان بدان اعتنا کرد ودرحدود طبیعی‌مواد زیست خاسته است ، یافته نشده است . چنانکه می‌دانیم یکی از ویژگیهای اساسی طبیعت زنده همانا خصلت انتخابی نوری است که موادآلی اجسام زنده دارند واین ویژگی به‌حدی قوی است که پاستور معتقد بودکه ایـن خاصیت تنها مرز ممیزی است‌که میان شیمی مادهٔ حیاتی وغیرحیاتی می‌توان کشید .

در نیمهٔ اول قرن‌کنونی، با تکامل فیزیك و شیمی وزیست‌شناسی ضربات خردکننده‌ای بر پیکر فـرضیهٔ پان اسپرمی زده شد. ثابت شدکه اشعهٔ‌کیهانی موجب تغییر کیفی عناصرمی‌شود و بدین جهت هیچ موجود زنده‌ای و هیچ هاگی هرچقدرکـه در

---

۱. α - Centauri ۲. Ch. Lipman

۳. Dissimmetry

برابر دشواریهای طاقت فرسای زیست درشرایط نامساعد برودت فوق‌العاده وحرارت زیاد، ومدت بسیار دراز سفر وغیره مقاومت داشته باشد هرگز نمی‌تواند زیر باران اشعهٔ کشندهٔ کیهانی زنده بماند . زیرا همهٔ مواد ساختمانی آن به‌سرعت تغییر می‌یابد و براین اساس مرگ موجود زنده پیش از رسیدن به‌زمین حتمی است. بدین‌جهت پیروان پان‌اسپرمی به‌تدریج رو به‌تحلیل رفتند، به‌طوری‌که این نظریه اکنون درمیان دانشمندان طرفدار جدی ندارد. با وجود این هنوز قضیه تمام‌شده‌ای نیست. درسال۱۹۵۴ **هالدین**[۱] نوشت‌که این فرضیه باز هم باید مورد توجه قرار گیرد. اکنون نیز هروقت سنگی آسمانی به‌زمین اصابت می‌کند و برای‌آزمایش در دسترس دانشمندان قرار می‌گیرد ، در زمینهٔ منشأ حیات ، از دو نظر مورد بررسی واقع می‌شود :

الف. از لحاظ وجود مواد زیست‌خاسته وآثار حیات.

ب. ازنظر وجود موادآلی بی‌زیست‌خاسته‌ای‌که درمراحل پیش از پیدا شدن حیات وجود آنها در سیستمهای **پیش‌زیستی**[۲] حائز اهمیت بوده است .

از شرح مختصری‌که راجع به‌فرضیهٔ پان‌اسپرمی یا اصالت حیات درکیهان آمد به‌سادگی می‌توان دریافت‌که این فرضیه مسئلهٔ چگونگی پیدا شدن حیات را حل نکرد وتنهاکاری‌که‌کرد این‌است‌که حیات ساخته وآمادهٔ «بی‌آغازی» را روی زمین نازل کرد . سخنگویان اصلی این فرضیه اعلام داشتندکه حیات همان‌قدر ابدی است‌که ماده وکربن با ترکیباتش‌وتلاش ما برای شناخت منشأ حیات‌کار بیهوده وباطلی است . زیرا وقتی‌که مبدأ ومقصد حیات خود حیات باشد دیگرمسئلهٔ پیداشدن حیات معنی خود را از دست می‌دهد.

در سالهای اخیر جنبه‌های‌کیهانی پیدا شدن حیات مورد

---

۱. J. B. S. Haldane ۲. Prebiologic Systems

تــوجه دانشمندان قرار گرفت . دانشمندان بار دیگر به‌بررسی سنگهای زغالی کیهانی پرداختند واکنون این مسئله مطرح است کــه سنگهای مزبور منبع قابل توجهی برای هیدروکربورها و موادآلی بی‌زیست خاستهٔ زمین درمراحل ماقبل حیاتی بوده‌اند یا نه. این مسئله هنوز هم تحت‌بررسی است ومسلماً بادست یافتن انسان به‌ماه و سیارات منظومهٔ شمسی بسیاری از مجهولات ما معلوم خواهد شد و انسان با در دست داشتن معلومهای بیشتری به‌حل مسائل مربوط به‌جنبه‌های کیهانی منشأ حیات خواهد پرداخت .

* * *

مدتی پس از زنده شدن نظریهٔ انکساغورس دربارهٔ پان‌ـ اسپرمی و اصالت حیات کیهانی، نظریهٔ دیگری که آن‌هم از یونان باستان سرچشمه می‌گیرد ، در سال ۱۸۸۰ توسط پریر[۱] عنوان شد . پریر برآن بود که «حرکت‌آغاز زندگی در جهان است». او استدلال می‌کرد که همان‌طور که اکنون خلق‌الساعه حیات از مواد آلی غیرزنده ناشدنی است ، در گذشتهٔ دور ودرآغازپیداشدن زمین نیز ناشدنی بوده است . او هم برای خروج ازاین بن‌بست ابدیت حیات را می‌پذیرد ودرسال ۱۸۸۰ ابرازعقیده می‌کند که «اگر ما خود را ازاین عقیدهٔ کاملا مستبدانه وغیرمبتنی برواقعیات که می‌گوید پرتوپلاسم فقط به‌ترکیب کنونیش می‌تواند بود و ازاین تعصب کهن که درآغاز فقط موادمعدنی وجود داشت،رهایی بخشیم ، می‌توانیم بی‌واهمه قدم دلیرانهٔ دیگر را برداریم: جملهٔ اعتقادات راجع به‌منشأ ابتدایی حیات را باطل کنیم و جریان بی‌زمان حیات را بپذیریم.»

اوبراین‌اساس اعلام می‌دارد که تودهٔ مذاب زمین،درآغاز

---

۱. Preyer

تشکیل، به‌علت حرکت موادش ارگانیسم واحدی بود و وقتی که زمین سرد شد یك‌دسته از موادآن‌که دیگر نمی‌توانستند به‌حالت مایع بمانند مادهٔ معدنی مرده را تشکیل داده سنگ شدند ودستهٔ دیگـر از ترکیبات عناصری،که به‌حـالت گاز یا مایع بودند ، پرتوپلاسم کنونی را ساختند .

بدیهی است کـه این شیوهٔ شناخت طبیعت اصلی حیات و منشأ آن را به‌هیلوزوئیسم می‌توان نسبت داد .

***

اما درجریان شکفتگی‌علوم طبیعی، به‌ویژه فیزیك،شیمی‌و زیست شناسی، استنباط وشیوهٔ دیگری در زمینهٔ بررسی وشناخت طبیعت حیات و منشأ آن پیدا شد وآن صور مختلف ماتریالیسم مکانیستی‌است. اگر از دیدگاه فلاسفه‌اسکولاستیك وایده‌آلیستهای دیگر مرز غیرقابل عبوری میان حیات وغیرحیات وجود دارد و اگر براساس‌آن نه‌تنها هرگز نمی‌توانیم از مرز مزبور بگذریم و داخل قلمرو حیات شویم بلکه هیچگاه نمی‌توانیم به‌درون آن سرك بکشیم ، در مورد دیدگاه ماتریالیسم مکانیستی قضیه به‌کلی معکوس می‌شود . از نظرگاه مـزبور قضایا ساده می‌نماید ؛ هیچ مرزی میان زنده و غیرزنده وجود ندارد وفقط قوانین فیزیك و شیمی بر عالم زنده و غیرزنده حکمفرما است . بر این اساس ، همچنانکه پرفسور **اپارین** خاطرنشان ساخته است ، همهٔ اشیای عالم‌را هم می‌توان زنده پنداشت وهم غیرزنده یا جماد .وبالاخره با پذیرفتن این نظرگاه این سؤالها که طبیعت حیات چیست یا چه چیزی زنده‌است وچه‌چیز غیرزنده ونیز این پرسش‌که حیات چگونه پیدا شد ، بی‌معنی وبی‌اساس می‌نمایند . چنانکه می‌دانیم هنوز هم درتعریف حیات اتفاق نظر نیست وعده‌ای ازدانشمندان درآن فرو مانده‌اند .

یکی از چهره‌های درخشان تاریخ زیست‌شناسی ودفاع از داروینیسم درآلمان که درعین‌حال مسائل مربوط به منشأحیات‌را از نظر دور نداشته و نظریات جالبی داده است **ارنست هکل**[۱] بود. او معتقد بودکه زمین‌ابتدا عاری ازحیات بود، زیرا شرایطی برآن حکمفرما بودکه با تکون وبقای حیات منافات داشت. اما پس از سرد شدن زمین شرایط مساعد پدیدآمدن حیات به‌وجود آمد ، شرایطی‌که امروز دیگر وجود ندارد . بدین جهت است که بطلان خلق‌الساعه‌کنونی‌حیات با **آغازخاست**[۲] یا خلق‌الساعه ابتدایی حیات از موادآلی روی زمین عاری از حیات‌آن زمان ، تناقض ندارد . این عقیده هکل‌که اشکال سلولی حیات از اشکال ماقبل سلولی پدیدآمده است حائز اهمیت است ودر زیست‌شناسی مورد قبول عموم قرارگرفت . او معتقد بود که درآغاز پیدا شدن حیات، حبابهای پروتئینی بی‌هسته و بی‌ساختمان از راه‌آغازخاست به‌وجود آمدندکه تمام اعمال حیاتی ، یعنی تغذیه ، حرکت ، واکنش به‌محرکها و تولید مثل را انجام می‌دادند. هکل‌آنها را **مونرا**[۳] نامید . اما با این همه او نتوانست توضیح درستی راجع به‌چگونگی پیداشدن مونرهایش بدهد وبه‌گفته اپارین، ازآنجا که میان تبلور یك بلور با تشکیل یك سلول فرقی قائل نبود ، درموضع مکانیستی قرار داشت. به‌عقیدهٔ او ارگانیسمهای‌اولیه‌ای که ازراه‌آغازخاست به‌وجودآمدند بایستی ساده‌ترین وپست‌ترین اشکال «کلوخه‌های همگن بی‌ساختمان وبی‌ریخت پروتئینی» بوده باشند و اینها در شرایطی‌که به‌علت فقدان معلومات مستند از دورانهای بسیار دور تاریخ زمین ، بر ما نامعلوم است ، یکباره بر مونرها یا واحدهای جاندار اولیه تبلور یافتند.

ازجمله تلاشهایی که در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن

---

۱. Ernst Haeckel (۱۸۳۴-۱۹۱۹) ۲. Archigony

۳. Monera

حاضر برای بررسی‌مسئلهٔ منشأ حیات وشناخت‌طبیعت‌آن بر اساس ماتریالیسم مکانیستی صورت گرفت مساعی بعضی از دانشمندان برای ساختن مدلهای تقلیدکنندهٔ خصیصه‌های حیاتی موجودات زنده ، به‌ویژه ساختن مدلهای سلولهای زنده ازمواد معدنی‌بود. چنانکه می‌دانیم **تروب**[۱] «سلول» خودرا از تأثیر متقابل بلور سولفات مس و محلول فروسیانور پتاسیم به‌دست‌آورد. **بوشلی**[۲] مدل «آمیب» مصنوعی با حرکات و **پاهای کاذبش**[۳] را از مالیدن یك قطره روغن زیتون بر محلول پتاس می‌ساخت . **لدوك**[۴] که مدعی روشن ساختن راه «**زیست شناسی ترکیبی**»[۵] بود «سلول» اسمزی خویش‌را از راه قراردادن یك قطعه کلرورکلسیم در یك محلول اشباع شدهٔ پتاس و فسفات پتاسیم تولید می‌کرد. بالاخره **کوکوك**[۶] که به‌ویژگیهای سیستمهای کلوئید آشنایی نداشت مدعی «حل» مسئله اتوژنراسیون و «سنتز حیات» در آزمایشگاه گردیده، ومی گفت‌که اگرمقداری رادیم برمخلوطی از ژلاتین، گلیسرل و نمك طعام بیفزاییم پس از ۲۴ ساعت‌کشت مخصوصی تولید می‌شود با تعدادی سلول زنده‌که فعالیتهای حیاتی نمو، تقسیم وغیره را ازخود نشان می‌دهند .

به‌طورکلی وجه مشترك نظریات ماتریالیستهای مکانیست این است‌که اولا معتقد بودند‌که مادهٔ زنده درابتدای امر از مادهٔ غیرزنده وبدون دخالت هیچ نیروی غیرمادی به‌وجودآمد. چنانکه می‌دانیم دراین‌مورد، به‌صورت‌کلی‌اش، همهٔ دانشمندانی‌که امروز در زمینهٔ بررسی مسائل مربوط به‌پیدا شدن حیات بر روی زمین صاحبنظرند اتفاق‌نظر کامل‌دارند ثانیاً کوشش می‌کردند‌که باساده‌سازیهای مکانیستی و تکیهٔ صرف بر قوانین فیزیك و شیمی ، در شرایطی‌که شیمی حیاتی هنوز پایه‌گذاری نشده یا به‌تازگی پایه‌

---

۱. M. Traube ۲. O. Bütschli ۳. Pseudopodia
۴. S. Leduc ۵. Synthetic biology ۶. Kuckuck

گذاری اولیه آن شروع می‌شد ، حیات را پدیده‌ای تصادفی جلوه‌گر سازند. آنان عقیده داشتند و اکنون نیز بعضی معتقدند که مادهٔ بیجان آلی روی زمین اولیه براثر یك «تصادف میمون» به‌اجسام جاندار تبلور یافتند .

ثالثاً می‌پنداشتند که حاصل‌جمع سادهٔ خواص فیزیکی و شیمیایی مواد مختلف A،B،C،D وغیره که درترکیب یك ارگانیسم زنده جمع شده‌اند ، حیات را تشکیل می‌دهد . اما مکانیستهای کنونی و به عبارت بهتر نئومکانیستها کار را از این هم ساده‌تر کرده‌اند . آنان همه‌چیز را درجود یك ملکول وراثتی به‌نام DNA خلاصه‌کرده‌آن‌را « ملکول زنده» خوانده‌اند و همین یك ملکول را منشأ حیات وتبلوری از طبیعت اصلی حیات می‌دانند.

چنانکه می‌دانیم این نظریه درسال ۱۹۵۷ در نخستین سمپوزیم بین‌المللی‌راجع به‌منشأحیات برروی زمین‌مطرح گردید. پروفسور **هارووبتز**[۱] از مؤسسهٔ تکنولوژی کالج پاسادنای کالیفرنیا دریکی‌از مباحثات سمپوزیم، اظهارداشت: «گویی ژنها تنها اجزای زندهٔ سلول بودند وهمه‌چیزدیگر- مستقیماً یا به‌طور غیرمستقیم - محصول فعالیت ژنها.» او در پایان ابراز عقیده کرد که : «اگر این استنباطها صحیح باشند ، سؤالی را که پرفسور اپارین مطرح کرده‌است - یعنی‌این که حیات به‌صورت ملکولهای منفرد پدیدآمد یا به‌شکل‌سیستمهای پرملکولی مرکب - می‌توان به‌طریق زیر پاسخ داد : حیات به‌صورت ملکولهای منفرد در محیطی‌پرملکولی‌پدیدآمد.» باید اضافه کرد که پرفسورهارووبتز در مقاله‌ای‌که بعداً (نوامبر ۱۹۶۱) با همکاری **استانلی میلر**[۲] تحت عنوان «تئوریهای‌جاری راجع به‌منشأ حیات» نگاشت‌ازاین نظریه با تفصیل‌بیشتردفاع نمود ودراین‌مورد باید‌گفت‌که امروز

---

۱. N. H. Horowitz   ۲. Stanley. L. Miller

عدهٔ دانشمندان بیوشیمیست و زیست شناسان جانبدار این نظریه اندك نیست . اما اگر موقتاً فرض کنیم که این نظریه صحیح باشد یعنی ابتدا ملکولهای زندهٔ ژنتیك ، مستقل از سیستمهای زندهٔ اولیه ، در محیطهای آلی غیرزنده پدید آمدند و این نوع زیست ملکولی دورانی را طی کرد و با توجه به این که عامل انتخاب طبیعی درشکل ابتداییش ودرسطح ملکولی نیز عمل می کرد، معلوم نیست که کار زبان رمز (Code) وراثتی همان ملکولهای زنده به چه کار می آمد و آیا می توان قبول کرد که مدتها قبل از آن که ساختمانی با سازمانبندی ویژه در میان باشد زبان رمز ژنتیك مربوط بدان وجود داشته و عاطل و بی اثر بوده باشد ؟

***

باز به قرن نوزدهم باز گردیم و نظری اجمالی به منشأ نظریات دیگر قرن حاضر دربارهٔ طبیعت و خاستگاه حیات بیفکنیم.

همان طور که گفته شد ، درقرن نوزدهم سه کشف بزرگ علمی، علوم طبیعی را ازحالت وارونگی رهانید و بدانها استقراری طبیعی بخشید. درآن شرایط تسهیلات اولیه برای تحقیق دربارهٔ شناخت طبیعت حیات و منشأ آن فراهم گشت . چنانکه **انگلس** ، دانشمند آلمانی قرن نوزدهم دراین باره نوشت که «با این سه کشف بزرگ ، عمدهٔ پروسه‌های طبیعت توضیح داده شدند و به علل طبیعی منسوب گشتند . **اینجا یك چیز می ماند که انجام شود : توضیح منشأ حیات از طبیعت غیرآلی .** در مرحله کنونی علم این امر اقلا متضمن ساختن اجسام پرتئینی از مواد معدنی است شیمی به انجام این وظیفه نزدیکتر و نزدیکتر می شود اما هنوز از آن بسیار دور است . با وجود این اگر به یاد آوریم که فقط در سال ۱۸۲۸ بود که **وهلر**[۱] اولین جسم آلی، اوره ، را

۱- Wöhler

از مواد معدنی تهیه‌کرد و اکنون چه تعداد هنگفتی از مواد به‌اصطلاح آلی مصنوعاً و بدون هیچ ماده‌ای آلی ساخته می‌شود، ما از شیمی انتظار نخواهیم داشت‌که به‌هنگام برخورد به‌پرتئین درنگ‌کند . تاکنون شیمی توانسته است هر مادهٔ آلی را که ترکیبش به‌دقت معلوم گشته است فراهم‌کند . به‌محض آن‌که ترکیب اجسام پرتئینی‌شناخته شود شیمی‌خواهد توانست به‌فراهم ساختن پرتئین زنده مبادرت ورزد ، اما خواستن یك شبهٔ آنچه خود طبیعت موفق می‌شود‌که فقط تحت شرایط بسیار مساعد، پس از میلیونها سال، روی تعداد معدودی اجسام‌کیهانی انجام دهد، خواستن یك معجزه است . » دانشمند مذکور عقیده داشت‌که حیات یکی از اشکال حرکت ماده است، چه حرکت ماده تنها صورت حرکت مکانیکی یا جا به‌جایی‌صرف‌را ندارد بلکه‌گرما، نور، الکتریسته ، نیروی مغناطیسی ، تجزیه وترکیب شیمیایی، حیات و بالاخره شعور را هم باید از اشکال حرکت ماده شمرد. او همان‌طورکه درکتاب حاضر آمده است ، در مورد طبیعت اصلی حیات روی « هستی اجسام آلبومینی » و متابلیسم تأکید می‌کرد . او نوشت : « حیات یك طرز هستی اجسام آلبومینی است‌که خصیصهٔ اساسی آن مبادلهٔ پیوستهٔ مواد با محیط طبیعی خارج آنهاست .» این تعریف گرچه ناقص است وخود واضع‌آن بدین نقص معترف بود، اما اساسی‌ترین خصیصه‌های حیات را از آغازتاکنون وازپست‌ترین وابتدایی‌ترین‌موجودات تا عالیترینشان را شامل می‌شود . تکیهٔ این تعریف روی هستی اجسام پرتئینی شایان اهمیت بسیار است و برای پی‌بردن بیشتر به‌اهمیت اجسام پرتئینی در انجام فعالیتهای حیاتی جسم زنده شرح مختصر زیر برای برخی ازخوانندگان‌کتاب شاید غیرضرور نباشد .

چنانکه می‌دانیم تحت نام پرتئین عدهٔ پرشماری از مواد

آلی نیتروژندار قرار می‌گیرند که درساختمان پرتوپلاسم انواع سلولهای گیاهی و جانوری شرکت دارند و اساسیترین فعالیتهای حیاتی را برعهده دارند. تنوعی که ترکیب شیمیایی و فعالیتهای حیاتی پرتئینها دارد در هیچیك ازگروههای دیگر مواد آلی بیولوژیك یافته نمی‌شود. پرتئینها نه‌تنها در یك موجود زنده بسیار متنوعند و برحسب هر بافت متمایزند و ویژگیهای خاصی دارند(مانند پرتئینهای کبد، کلیه، قلب، خون، بافتهای عصبی، استخوانی، عضلانی و پیوندی و نیز پرتئینهای بافتهای گیاهی و پرتوپلاسم تك یاختگان گوناگون گیاهی و جانوری و پرتو-زوئرها) بلکه در هرنوع جانور یاگیاهی ویژگی‌خاصی دارد. همه می‌دانیم که هیچیك از سلسله فعل و انفعالهای بیوشیمیك درون اجسام زنده بی‌شرکت یك دستهٔ مهم از پرتئینها - به‌نام آنزیمها - امکان‌پذیر نیست. ثابت شده است که تعداد این گروه، از مواد پرتئینی بسیار است و اکنون تعداد آنزیمهای شناخته شده ازشماره ۷۰۰ تجاوزکرده است. همچنین بسیاری از اعمال فیزیولوژیك و حیاتی اجسام زندهٔ گیاهی و جانوری به‌کمك موادی صورت می‌گیرد که **هورمون**[۱] نامیده می‌شوند. این‌مواد نیز از خانوادهٔ پرتئین هستند. **گاماگلوبولینها**[۲]، **پادتنها**[۳]، **پادگنها**[۴]، **زهرها**[۵]، و **پادزهرها**[۶]، که درمبارزه به‌خاطر بقای جانوران بسیار اهمیت دارند از زمرهٔ پرتئینها هستند. گروه پرتئینهای مرکب (**نوکلئوپرتئینها**، **موکوپرتئینها**[۷]، **کرموپرتئینها**[۸]، **فسفوپرتئینها**[۹] **لیپوپرتئینها**[۱۰]

---

۱. Hormones ۲. γ-Globulins ۳. Antibodies
۴. Antigens ۵. Toxins ۶. Antitoxins
۷. Mucoproteins ۸. Chromoproteins
۹. Phosphoproteins ۱۰. Lipoproteins

و **متالوپرتئینها**[۱] ، را هم بـا شماره بسیارشان و گوناگونی وسیعشان باید یادآور شدکـه برخی نقش ساختمانی دارند و آن دیگریها در فعالیتهای حیاتی گونـاگون فعالانه شرکت می‌کنند (کارهورمونی،آنزیمی و غیره). در رأس این‌دسته نوکلئوپرتئینها هستندکه در ساختمان هستهٔ سلول شرکت دارند ودرانجام تولید مثل موجود زنده وانتقال‌صفات وویژگیهای ارثی دخالت اساسی دارند .

با این توصیف ، خواننده باید قبول کندکـه نام پرتئین ، مشتق ازکلمهٔ یونانی Proteion که به‌معنای اول یانخستین‌یاآنچه دارای مقام اول است ، برای پرتئینها چه اسم با مسمایی است و ما واقعاً حق داریم‌که وجود اجسام پرتئینی‌را زیر بنای توصیف طبیعت اصلی وکنونی حیات‌گردانیم .

بدین‌سان در اواخر قرن نـوزدهم قـدمهـای اولیه برای شناخت طبیعت اصلی حیات برداشته شد . در میان‌کسانی‌کـه در این زمینه بـه‌پیشرفت علم‌کمك فراوان‌کردنـد ، نام **چارلز داروین** ، پاستور ، **شوان** ، شلایدن ، **انگلس** ، **کلود برنار** و **توماس هاکسلی** تجلی خاصی دارد . در آن زمان و نیز در اوایل قرن بیستم چون دانش بشری تکامل لازم‌را نیـافته بود و به‌خصوص از آنجاکـه شیمی حیاتی هنوز مرحلهٔ جنینی را طی می‌کرد،کارتعیین مسائل‌مربوط به‌منشأ حیات وحل‌آنها وشناخت طبیعت اصلی حیات پیشرفت سریعی نداشت . گذشته ازاین،همان طورکه پرفسور اپارین خاطر نشان‌کـرده است ، معمای منشأ و مسئلهٔ طبیعت حیات جدا ومستقل از هم مورد توجه وبررسی‌واقع می‌شد . درآن زمان وحتی در این اواخر نیز هنوز متوجه این حقیقت نشده بودندکه این دو مسئله به‌صورت عینی خود ، یعنی بهم بسته و مرتبط به‌یکدیگر بـاید بررسی شوند . شیوهٔ اخیر

---

۱. Metalloproteins

بررسی را در این زمینه، مؤلف کتاب حاضر **الکساندر ایوانویچ اپارین**[۱] شروع کرد و تا به‌امروز همین روش را ادامه داده است واگر امروز دومسئلهٔ طبیعت اصلی حیات ومنشأ آن درارتباط با یکدیگر بررسی می‌شوند واین بررسی به‌مقیاسی جهانی سازمان یافته‌است شخص اپارین‌وشاگردان او دراین‌پیشرفت سهم‌بسزایی دارند .

امروز همهٔ دانشمندانی کـه در زمینهٔ مسائل مورد بحث صاحبنظرند اتفاق‌نظردارندکه فرضیه بزرگ اپارین‌عصرجدیدی در تاریخ بررسی منشأ و طبیعت حیات گشود ، عصری کـه نام الکساندر اپارین با یك فرضیه علمی مشخص و متجانس بر تارك آن می‌درخشد .

اپارین در سال ۱۹۲۲ ، هنگامی‌که بیوشیمیست جوانی بود، در انجمن گیاه‌شناسی مسکو راجع به‌منشأ حیات سخنرانی می‌کند و از نظریهٔ تکامل ماده به‌ترکیبات معدنی و تکامل مواد معدنی به‌آلی و سرانجام به‌موجودات اولیه دفاع می‌نماید . او در سال ۱۹۲۴ مقاله‌ای تحت عنوان «منشأ حیات» می‌نویسدکه درهمان سال به‌صورت کتابی‌کوچك انتشار می‌یابد . اپارین در آن مقاله خلق‌الساعهٔ موجودات زنده، پان اسپرمی، جهان زنده وجهان مرده ، تطور ماده از عناصر ساده تا ترکیبات آلی و از ترکیبات‌آلی تا موجودات زنده را مورد بحث قرار می‌دهد.

بدیهی‌است کـه اپارین در جزوهٔ مزبور تابع دانش ناقص وقت بود. بدین‌جهت ، مثلا ، در مورد منشأ خورشید و سیارات آن و از جملهٔ آنها زمین ، فرضیه سحاب فروزان لاپلاس وکانت را پذیرفته بود . با مطالعهٔ این جزوه می‌توان فهمیدکه اپارین درآن هنگام، در زمینهٔ بررسی وتوصیف طبیعت حیات و مقایسهٔ

---

۱. Alexander Ivanovitch Oparin

تك تك خصیصه‌های اساسی جهان زنده با ویژگیهای جمادات براثرعواملمختلفیازقبیلسلطهٔ طرزتفکرمکانیستی برافکاروعقاید دانشمندان پیشرو اوایل قرن بیستم وشور جوانی ، ناخودآگاه درموضعیمکانیستی قرارداشت. او با ساده‌سازیهای خاصیدرمقالهٔ مزبور استدلالکرده بودکه وجودکربن درالماس واجسام زنده، حالتکلوئید مواد معدنی وپرتوپلاسم، اعمال سوخت یك‌کارخانه با اعمال تنفسی وتخمیری یك ارگانیسم زنده ، تغذیه، همانند سازی وحتی تولید مثل یك جسم زنده با باصطلاح تغذیه، نمو و تکثیریك‌بلور نمك‌طعام درمحلول اشباع شده‌اش، اعمال متابلیك با تجزیهٔآب اکسیژنه به‌آب و اکسیژن در یك اسفنج پلاتین و تقسیم سلولی با شکستن یك بلور ماده‌ای معدنی وسپس ترمیم دو پارهٔآن ، و بالاخره قابلیت تحریك ارگانیسم زنده ، با انفجار باروت براثر جرقه‌ای‌که تصادفاً درون‌آن می‌افتد یکی‌است. او بر این عقیده بودکه فقط ترکیب خاص ومعین خصیصه‌هایمزبور استکــه در مواد معدنی دیــده نمی‌شود ودر اجسام زنده وجود دارد وگرنه تك‌تك ویژگیهای حیات‌را درعالم غیرزنده می‌توان یافت .

هرچندکه‌آن مقاله مقبولیت‌گذشتهٔ خود را به‌میزان قابل ملاحظه‌ای ازدست داده‌است وخود پرفسور اپارین درآثاربعدیش با تکامل منطقی علم وپیشرفت بیوشیمی تغییرات اساسی درآن‌داده است اما اکنون نیز به‌دلایل زیر حائز اهمیت فراوان است.

۱. ازلحاظ تاریخی حائز اهمیت است زیرا تاریخ جدید حل مسائل مــربوط به‌منشأ و طبیعت اصلی حیات با انتشار آن شروع می‌شود .

۲. مسائل راجع به‌منشأ حیات درآن مشخص وتنظیم شد. این امر نیز در تاریخ علم بسیار مهم است زیــرا همان‌طورکه

پرفسور **برنال**[1] دراین مورد نوشته است «**چیز اساسی، دروهلهٔ اول، حل مسائل نیست ، بلکه دیدن آنهاست**» و باز به‌گفتهٔ همین دانشمند « **مقالهٔ اپارین حاوی نطفه‌های برنامهٔ جدیدی است در تحقیقات شیمیایی و بیولوژیک**».

۳. هرچند که اپارین در زمان انتشار اولین اثرش هنوز به‌وجود اتمسفر اولیهٔ فاقد اکسیژن معتقد نشده بود ، اما به‌این نتیجه رسیده بود کـه قسمت اعظم ترکیب جو اولیه از هیدروـ کربورهای گازی، موادآلی ناپایدار (الکلها ، الدئیدها، ستنها و اسیدهای‌آلی)، بخارآب وآمونیاك تشکیل می‌شد ومقدار کمی اکسیژن داشت .

ناگفته نماند که اپارین بعداً این نظریه را اصلاح نمود ودر کتاب مشهورخود به‌نام «منشأ حیات» (۱۹۳۶) به‌پیروی از ارنیوس جو اولیه زمین را فـاقد اکسیژن شمرد وآن را حاوی بخارآب ، هیدروکربورهای گازی وآمونیاك دانست . البته در سال ۱۹۲۹ **هالدین**[2] با توجه به‌اینکه پروسه‌هـای تخمیری (ناهوازی) متابلیك در مـوجودات گوناگون بسیار همانندند در صورتی‌که پروسه‌هـای اکسیداتیو متفاوتند نتیجه گرفت کـه ارگانیسمهای ناهوازی ابتدایی‌ترند وازاین‌رو بدین‌نتیجه رسید که جو اولیهٔ زمین باید احیاکننده وفاقد اکسیژن یا مقدار کمی از این عنصر را دارا بوده باشد .

اپارین ازآن هنگـام تاکنون از فـرضیهٔ جو احیاکنندهٔ پیشنهادی خود دفاع نموده است .

بعدها دانشمندانی همچون **هارلدیوری**[3] از دانشگـاه شیکاگو و برنال از دانشگاه لندن نیز به‌نتایج مشابهی رسیدند.

---

۱. J. D. Bernal
۲. J. B. S. Haldane
۳. Harold Urey

پرفسوریوری در اولین سمپوزیم بین‌المللی راجع به‌منشأ حیات ضمن سخنرانی خود تحت عنوان « اتمسفرهای سیاره‌ای ابتدایی ومنشأ حیات» گفت: «ازاین‌رو مطمئناً بایستی جوی احیا کننده اقلا برای دورهٔ کوتاهی موجود بوده باشد » . به‌طورکلی عدهٔ بسیاری ازدانشمندان این نظریه را پذیرفتند و اکنون نیز اکثریت با طرفداران فرضیهٔ اپارین است .

اهمیت این فرضیه ازلحاظ منشأ حیات ازیك جهت دراین است که ازجنبهٔ آزمایشی وارد تحقیقات علمی گشته است. چنانکه می‌دانیم درسال۱۹۵۳ آزمایشی تاریخی وپراهمیت درتاریخ علم توسط **استانلی میلر** ، از دانشگاه کلمبیا ، صورت گرفت . میلر براساس فرضیهٔ اپارین ونظریهٔ هارولدیوری دربارهٔ این که امکان دارد که تخلیه‌های الکتریك واشعهٔ ماوراء بنفش در تولید مواد آلی مؤثر بوده‌باشند، به‌کمك اسباب‌خاصی‌مخلوطی‌ازهیدروژن، متان ، بخارآب وآمونیاك را تحت تأثیر تخلیه الکتریك قرار داد و نتایج درخشانی به‌دست‌آورد ، زیرا بر اثر ایـن‌آزمایش اسیدهـای امینهٔ گوناگونی به دست‌آمد . بعـداً براساس فرضیهٔ اپارین راجع به‌این‌که منبع مهم انرژی در تولید موادآلی در دوران ماقبل حیاتی زمین اشعهٔ ماوراء بنفش بوده است ، **پاولو فسکایا**[1] و **پاسینسکی**[2] تأثیر ایـن اشعه را روی مخلوطی از فرمالدئید وکلرور یا نیترات‌آمونیم‌آزمایش‌کردند ودرنتیجه باز هم مقداری اسیدهای امینه تولید شد . این‌آزمایشها سبب شدکه باردیگر فرضیهٔ اپارینی اتمسفر احیا شدهٔ اولیهٔ زمین موردتوجه دانشمندان قرارگیرد. دراین زمینه‌آزمایشهای بسیاری صـورت گرفت و نتـایج مشابهی به‌دست‌آمد وبدین‌سان مرحلهٔ نویی در تاریخ بررسی مسائل مربوط به‌منشأ حیات‌آغاز شد .

---

۱. T. E. Pavlovskaya ۲. A. G. Pasinski

۴. اپارین دراین مقاله مسئلهٔ مراحل‌را درتکوین حیات مورد توجه قرار داده‌است. او تکامل موادآلی به‌سیستمهای‌زنده را پروسه‌ای تدریجی و طولانی می‌داند وآن را بر اساس اصل داروینی‌انتخاب طبیعی بررسی می‌کند. چنانکه می‌دانیم، اپارین درتمام‌آثار وتحقیقات بعدیش این روش را دنبال‌کرده و بدین ترتیب عامل‌انتخاب طبیعی‌را درقلمرو بیوشیمی توضیح‌داده‌است.

۵. درمقالهٔ ۱۹۲۴ اپارین نطفهٔ «فرضیه‌کوآسرواتی» پیداشدن حیات برروی زمین دروجود «لخته‌ها»یا «ژل‌پاره‌ها»ی اولیه به‌چشم می‌خورد. طبق فرضیهٔ اول اپارین «لخته‌ها» یا «ژل‌پاره‌ها»ی مزبور ازرسوب بعضی‌ازمواد محلول درمحلولهای کلوئید به‌وجود می‌آمدند وپرتوپلاسم اولیه ازتطورتدریجی‌آنها براساس انتخاب طبیعی به‌وجودآمد.

***

اپارین پس ازانتشار مقالهٔ ۱۹۲۴ خود به‌تحقیق دربارهٔ طبیعت ومنشأوتکامل حیات ادامه داد. کتاب بسیارجالب، مشهور وتاریخی اوکه درسال ۱۹۳۶ تحت عنوان «منشأ حیات» انتشار یافت ثمرهٔ پرارزش این تحقیق پیگیرانه است. در تاریخ علم مهمترین اثری است‌که راجع به‌منشأ حیات وبه‌عبارت صحیحتر دربارهٔ جریان پیدا شدن حیات بر روی زمین تاکنون انتشار یافته است. آوازهٔ بین‌المللی اپارین درحقیقت از زمانی‌آغازشد که این‌کتاب در سال ۱۹۳۸ به‌زبان انگلیسی توسط **سرگیوس مرگولیس**[۱] ترجمه ومنتشر گردید. فرضیهٔ اپارین‌که در مقالهٔ ۱۹۲۴حالت جنینی داشت طی۱۲سال رشد جنینی در وجود اثر مزبور ازحالت جنینی‌بیرون‌آمد و زندگی فعالی یافت. با تألیف ونشر این‌کتاب نه‌تنها قدم بزرگی درراه بررسی مسائل مربوط

---

۱. Sergius Morgulis

به‌منشأ حیات و شناخت طبیعت آن برداشته شد بلکه راهی نیز فراراه دانشمندان محقق برای حل مسائل مزبور ارائه گشت .

اثر مزبور وفرضیه‌ای که درآن توضیح داده شده است بیش از هر اثر و فرضیهٔ دیگر راجع به‌منشأ حیات در طی سی سال اخیر مورد توجه، بحث وپذیرش دانشمندان بوده است. چنانکه چند سال پیش **جرج والد** استاد زیست شناسی دانشگاه هاروارد ایالات متحدآمریکا درمقالهٔخود تحت‌عنوان «منشأحیات» نوشت: **«نظریات‌کنونی ما دربارهٔ منشأ حیات همان است‌که نخستین‌بار توسط زیست‌شناس روسی اپارین درکتابی به‌نام «منشأ حیات» چاپ سال۱۹۳۶ به‌صورتی روشن ومستدل گردآوری شده‌است. گرچه اکنون بسیاری‌مطالب می‌توان به‌بحث‌های اپارین‌افزود، معهذا وی پایه و اساسی‌گذاشته است که همهٔ ما علاقمندان به‌موضوع‌موردبحث، نظریات خود را برآن‌پایه بنانهاده‌ایم.»**[۱]

کتاب مذکورشامل نه فصل به‌شرح زیراست:

۱. تئوریهای راجع به خلق‌الساعه حیات.

۲. تئوریهای راجع به ابدیت حیات.

۳. تئوریهای راجع به‌منشأ حیات دردوران دوری‌ازعمر زمین.

۴. شکلهای اولیهٔ ترکیبات کربن و نیتروژن.

۵. منشأ موادآلی، پرتئینهای اولیه.

۶. منشأ سیستمهای کلوئید اولیه.

۷. منشأ ارگانیسمهای اولیه.

۸. تکامل بعدی ارگانیسمهای اولیه.

۹. نتیجه .

ویژگیهای اساسی فرضیهٔ مشروح درکتاب مزبـور را

---

۱. نقل از کتاب « شناخت حیات » ترجمهٔ دکتر محمود بهزاد (ص ۳) .

می‌توان در نکات زیر خلاصه کرد :

۱. خلق‌الساعه حیات امکان‌پذیر نیست ، زیرا موادآلی بسیار پیش ازآن‌که فرصت تکامل بیشتر یابند به‌وسیلهٔ موجودات زندهٔ روی زمین‌که در همه جای بیوسفر پراکنده‌اند خورده می‌شوند .

۲. اپارین به‌پیروی از روش گذشته‌اش منشأ حیات را به‌چگونگی به‌وجودآمدن منظومهٔ شمسی مرتبط دانسته وشواهد وفرضیه‌های زیست‌شناسی،زمین‌شناسی‌وبیوشیمی وقت‌را درارتباط با تئوریهای پذیرفته‌شدهٔ راجع به‌تکون‌زمین‌وتمام منظومهٔ‌شمسی مورد بررسی قرار می‌دهد . طبیعی است‌که چون این تئوریها دستخوش تغییر بوده‌اند، اپارین نمی‌توانسته است‌که دراین مورد نظر ثابتی داشته باشد . درکتاب مورد بحث، پیدا شدن زمین و سیارات منظومهٔ شمسی را براساس نظریهٔ معروف **جیمز جینز**[۱] بررسی می‌کند. بنا برفرضیه جینز زمین وسیارات دیگر براثر نزدیك شدن ستاره‌ای، به‌خورشید به‌وجودآمدند . قوهٔ جاذبهٔ‌آن ستاره سبب شدکه قسمتی ازخورشید به‌سمت‌آن‌کشیده شود و از خورشید مجزا گردد و پس از دور شدن ستاره ، قسمت جدا شده از خورشید سیاره‌های منظومهٔ شمسی را تشکیل داد .

۳ . بنا برفرضیهٔ اپارین جو اولیهٔ زمین از بخارآب ، هیدروکربورهای‌گازی ، هیدروژن و آمونیاك تشکیل می‌شد و بدین‌ترتیب فاقد اکسیژن آزاد و به‌شدت احیا کننده بود . همان‌طورکه قبلا گفته شد ، هالدین به‌این نتیجه‌که جو اولیهٔ زمین فاقد اکسیژن بود و یا مقدار ناچیزی از این عنصرداشت، درسال ۱۹۲۹ رسیده بود . ولی‌فرق اساسی میان نظریهٔ هالدین و اپارین در این است‌که هالدین معتقد بود‌که تمام‌کربن‌موجود

---

۱. James Jeans

در جو به‌صورت اکسید شده‌اش CO_2 بود در صورتی‌که اپارین براساس نظریهٔ مندلیف به‌عکس عقیده داشت و دارد که کربن جو اولیه به‌صورت احیا شده‌اش یعنی هیدروکربورهای گازی وجود داشت و وجود CO_2 کنونی در جو امری ثانوی است. البته نتیجهٔ این دو نظریه در مورد نخستین موجودات یکی است ، زیرا در هر دو صورت ، به‌علت نبودن اکسیژن آزاد ، این نتیجهٔ منطقی حاصل می‌شود که ابتداییترین موجودات زنده بی‌هوازی بودند و، همان‌طور که می‌دانیم، شواهد بیوشیمی مقایسه‌ای نشان‌می‌دهد که **بی‌هوازیست** [۱] قدیمیتر از **هوازیست**[۲] است .

۴. جایگاه تکون ابتدایی حیات اقیانوسهای ابتدایی یا هیدروسفر اولیهٔ زمین بود .

۵. حیات ابدی نیست و به‌وجود آمدن آن برروی زمین حاصل تکامل بسیار طولانی تدریجی و مرحله بهمرحلهٔ ماده بوده است . در جریان این تکامل عناصرساده به‌ترکیبات معدنی و ترکیبات معدنی به‌آلی تبدیل شدند و از تطور مواد آلی بی‌سازمان اولیه سیستمهای سازماندار پرتئینی کلوئیدی مرکب و غیر زندهٔ موسوم به‌کوآسرواتهای مرکب اصلی به‌وجود آمدند وتکامل این سیستمها براساس انتخاب طبیعی نخستین ارگانیسمها را با حداقل سازمان و اعمال حیاتی ومتابلیك به‌وجودآورد .

چنانکه می‌دانیم در سال ۱۹۳۲ **بونگنبرگ دویونگ** [۳] پدیده‌ای را غیر از لخته شدن ، در موادکلوئیدکشف نمود و آن تجزیهٔ محلول کلوئید به‌دو لایه یکی مایع ته‌نشین که پر از مواد کلوئید است و دیگری لایهٔ مایع فاقد مادهٔ کلوئید . این دو لایه نسبت به‌همدیگر یك حالت تعادل پیدا می‌کنند . بونگنبرگ ـ دویونگ این پدیده راکه نوعی «جور شدن» مواد تلقی می‌شد،

---

۱. Anaeroby   ۲. Aeroby

۳. Bungenberg de Jong

کوآسرواسیون[۱] و لایهٔ محتوی موادکلوئید را **کوآسروات**[۲] نامید. او با استفاده ازاین پدیده، قطره‌های کوچك کوآسرواتی را از اختلاط یك محلول پرتئینی با صمغ عربی تولید نمود. اپارین این پدیده را در سال ۱۹۳۶ درکتاب خود، «منشأ حیات»، واردکرد و آن‌را پایهٔ فرضیهٔ بزرگ خویش گردانید. از آن‌پس «ژل پاره‌های سازماندار» اولیه جای خود را در فرضیهٔ او به«کوآسرواتهای مرکب اصلی» دادند.

کتاب منشأ حیات اپارین، بدون شك، در تاریخ تلاش انسان به‌خاطر تعیین و حل مسائل مربوط به‌منشأ وطبیعت حیات در زمرهٔ آثار جاوید وکلاسیك علمی جهان باقی خواهد ماند.

***

جنگ جهانی دوم، از یك‌سو، پیشرفت علوم زیستی را متوقف ساخت و از سوی دیگر «علوم» و فنون ضد زیستی و انهدامی را گسترش و رشد فوق‌العاده داد. پس ازجنگ، علم و تکنولوژی شتابی تازه گرفت و در همهٔ زمینه‌ها بسیار سریعتر از پیش به‌پیش تاخت؛ انسان آگاهی عمیقتری به‌ساختمان اتم یافت وانرژی عظیم هستهٔ آن‌را دراختیار گرفت: **عصرسیبرنتیك**[۳] در قلمرو فیزیك آغاز شد؛ علوم زیستی، به‌ویژه بیوشیمی، با استفاده ازدستاوردهای پرارزش علم وتکنولوژی‌نو به‌پیشرفتهای بزرگی نایل‌گشتند؛ فعالیتهای بین‌المللی همه جانبه‌ای برای شناخت طبیعت اصلی حیات و منشأ آن آغاز شد و این بار نیز نام الکساندر اپارین سرآغاز همهٔ نامها ماند. او پیگیرانه‌تر از پیش به‌تحقیقات خود ادامه داد و در شرایط نوهم از لحاظ داخلی وهم در مقیاس جهانی از امکانات وسیعتری برخوردار گشت. او درسال ۱۹۵۳ با تألیف و انتشارکتاب «منشأ حیات

---

۱. Coacervation ۲. Coacervate

۳. Cybernetics

بر روی زمین » فرضیهٔ قبلی خود را براساس پیشرفتهای تازهٔ علوم طبیعی و تحقیقات خویش و در ارتباط با جدیدترین فرضیه‌های مربوط به‌تکون عالم و منظومهٔ شمسی باردیگر تنظیم نمود . دانشمندان و محققان بزرگ جهان نیز به‌حل مسائل مربوط به‌منشأ حیات و شناخت طبیعت آن گرایش بیشتری از خود نشان دادند . اسیدهای امینه‌که الفبای فرهنگ لغات پرتئینهای بسیار متنوع بیولوژیك را تشکیل می‌دهند براساس فرضیهٔ اپارینی جو اولیهٔ زمین‌سنتز شدند ؛ انسان به‌ساختن‌مواد شبه پرتئینی توفیق یافت و با شناختن ساختمان ملکول انسولین راهی برای شناخت ساختمان ملکولی پرتئینهای دیگر، هرچند که تنها راه نمی‌توانست بود ، در برابر محققان گشوده شد . در چنان شرایطی شناخت طبیعت اصلی حیات و بررسی مسائل مربوط به‌منشأ آن وتلاش بیشتر برای حل‌آن مسائل به‌طورعمده برعهدهٔ بیوشیمی افتاد . اما بررسی وحل این‌گونه مسائل بدون کمك علوم دیگری از قبیل زیست‌شناسی ، فیزیك ، بیوفیزیك، کیهانشناسی ، زمین‌شناسی ، شیمی زمین ، دیرینشناسی و غیره هرگز امکان‌پذیر نبوده است . بدین‌جهت لازم‌آمدکه اتحادیه بین‌المللی بیوشیمیستها چنین کاربزرگی‌را سازمان دهد وسازمان داد .

در سال ۱۹۵۷ اولین سمپوزیم بین‌المللی راجع به‌منشأ حیات بر روی زمین با شرکت زیست‌شناسان ، بیوشیمیستها ، بیوفیزیکدانان ، فیزیکدانان ، شیمیدانان وستاره‌شناسان بزرگ و مشهور جهان به‌افتخار تحقیقات مستمر، طولانی و ثمربخش اپارین درشهرمسکو برگزارشد . مجموعهٔ مذاکرات ومباحثات این سمپوزیم که توسط شخص اپارین گردآوری شده است هرچند که راه حل مشخصی‌را درمورد مسائل مورد بحث نمی‌توان ازآن توقع داشت ولی اثری گرانبها و بسیار آموزنده است که محققان

را به‌مسائل و نظریات راجع به‌طبیعت حیات و منشأ آن وراههای گوناگونی که ۱۲ سال پیش برای حل آنها ارائه شدند ، آشنا می‌سازد .

پس از انعقاد نخستین سمپوزیم بین‌المللی منشأ حیات ، اپارین به‌تلاش ثمربخش خود ادامه داد و درسال ۱۹۶۰ فرزند دلبند خود را در وجود کتاب حاضر برومندتر گردانید . این کتاب خواننده را به‌دشواریهای مسائل زیست‌شناسی نو و گوشه‌ای از اختلاف‌نظرهای دانشمندان در زمینهٔ پدید آمدن حیات و خود طبیعت آن آشنا می‌سازد . در این کتاب طبیعت اساسی حیات به‌زبانی نسبتاً ساده و در عین حال بسیار دقیق و علمی شرح داده شده است . خواننده به‌طورکلی می‌آموزد که :

تمام عالم همیشه در حال تغییر و تکامل وقفه‌ناپذیر است ؛ تکامل جهان هستی پروسه‌ای است مترقی و مرحله به‌مرحله که سرعت پیشرفت آن در هر مرحله از مرحلهٔ پیشین بیشتر است و نیز در هر مرحلهٔ تکاملی قوانین طبیعی خاص آن مرحله نقش مسلط‌را می‌یابند و قوانین طبیعی مراحل پستتر حائز نقشهای درجهٔ دوم می‌گردند ؛ تکامل ماده و به‌دیگر سخن تکامل شکل حرکت وتغییر ماده مسیرساده به‌بغرنج را طی کرده است ودانش با غور در ژرفنای تاریخ تکامل ماده ، فقط قوانین طبیعی حاکم بر طبیعت زنده و غیر زنده‌را تواند یافت ؛ و اما حیات مرحلهٔ معینی از تکامل ماده و شکل خاصی از حرکت و سازمانبندی‌آن است ؛ حیات در وجود افراد اجسام زنده‌ای‌که با حدودی مشخص از محیطشان متمایز و جدا می‌شوند ، تجلی می‌کند و این امر در مورد نخستین موجودات زنده روی زمین و همچنین اسلاف آنها یعنی تك‌تك سیستمهای پرملکولی‌کلوئید و پرتئینی دارای حداقل‌سازمان متابلیك یا قطره‌های کوآسرواتهای مرکب اصلی صادق بود .

اپارین همچنین روشن می‌سازد که به‌چه دلایلی قطرات کوآسرواتهای مرکب اصلی‌را محتملترین سیستمهایی می‌داند که حیات از تکامل آنها براساس انتخاب طبیعی به‌وجود آمد . این دلایل ، چنانکه می‌دانیم ، عبارتند از :

۱. تشکیل این‌قطره‌ها دراقیانوسهای اولیه دارای مواد آلی گوناگونی از قبیل هیدراتهای کربن ، اسیدهای امینه یا نوکلئوتیدها به‌سادگی قابل تصور است و بسیار امکان‌پذیر.

۲. کوآسرواتها بهترین محیط تغلیظ مواد شبه پرتئینی بودند .

۳. کوآسرواتها سیستمهای مسدودی را تشکیل نمی‌دادند و مبادلهٔ مواد میان آنها و «سوپ غذایی» محیط پیرامونشان (اقیانوسهای اولیه) پیوسته صورت می‌گرفت .

۴. اهمیت کوآسرواتها دراین‌است که مادهٔ حامل حیات، یعنی پرتوپلاسم ، خود ازلحاظ فیزیکوشیمیایی نوعی کوآسروات است .

اپارین دراین کتاب همچنین می‌آموزد که معرفت به‌طبیعت حیات هم امکان‌پذیر است و هم این‌که درحدودی که تحصیل می‌شود ــ بدون پابندی به‌تفسیرهای نادرستی که به‌پای آن بسته می‌شود ــ معتبر است و این شناخت درآینده نیز با پیشرفت و گسترش علوم طبیعی ، دقیقتر خواهد گشت و انسان فقط زمانی به‌شناخت‌کامل طبیعت حیات خواهد رسید که توانسته باشد مسائل مربوط به‌منشأ وتکامل آن راکاملا حل کند .

بدین ترتیب نباید توقع داشت که درمورد مسائل بغرنج راجع به‌طبیعت اصلی‌حیات ومنشأ آن اتفاق‌نظر کامل وجودداشته باشد. امروز به‌علت فقدان‌شواهد مستقیم‌عینی، دربارهٔ این که کدام فرضیه یانظریه درست است‌اختلاف‌نظر کم‌نیست. کار دیرینشناس[1]

---

۱. Paleontologist

آسانتر بود واکنون به‌مراتب آسانتر گشته است وامروزاگر گفتهٔ اورا نپذیرید می‌تواند به‌شما بگوید: «بروید ببینید» اما دانشمندی که دربارهٔ منشأ حیات تحقیق می‌کند کارش به‌این‌سادگی نیست. زیرا نخستین موجودات زنده هیچ اثری از خود باقی نگذاشته‌اند که باوسایل موجود علمی بتوانیم به‌تحقیق به‌وجود آنها واشکالشان پی‌ببریم. اپارین می‌آموزد که هرپدیده را در ارتباط باپدیدهٔ قبلی بلافصل آن باید بررسی نمود. بدین‌ترتیب به‌وجود آمدن حیات به‌شرایط فیزیکی و شیمیایی ماقبل حیات و جریان تکون زمین مربوط‌می‌شود و تکون زمین را درچهارچوب پیدا شدن منظومهٔ شمسی‌باید بررسی‌کرد وپدیدهٔ منظومهٔ شمسی رابایدجزء ناگسستنی‌کل واحد عالم دانست. دراین صورت، بدیهی است که تنوع فرضیه‌هابیشتر وبازهم بیشتر می‌گردد.

طی ۲۰ سال اخیر نه‌تنها تئوریهای متعددی راجع به‌منشأ یامنشأهای حیات ارائه شده است بلکه با پیشرفت سریع شیمی حیاتی، زیست‌شناسی، شمیی‌زمین، زمین‌شناسی، فیزیك و ستاره‌شناسی اوضاع آنچنان سریع تغییرمی‌کندکه هیچ دانشمندی‌نه‌تنها نمی‌تواند فقط روی نظریات گذشته‌اش درجا بزند بلکه ناچار می‌شودکه پابه‌پای پیشرفت علم یاآنهارا رهاسازد یا اینکه مورد تجدیدنظرقراردهد وفرضیه گذشتهٔ خودرا برپایه‌ای نوتر بنانهد، چنانکه مؤلف کتاب حاضرنیز به‌ویژه درمورد منشأ منظومهٔشمسی همین روش را به‌کاربسته و این بار فرضیه هارلد یوری دانشمند امریکایی را پذیرفته است.

دانشمندان بزرگ معاصر، اپارین را پیشاهنگ عصر تفکر وتحقیقات علمی‌کنونی دربارهٔ طبیعت حیات و منشأ آن می‌دانند وکتاب حاضرحاصل قریب نیم قرن فعالیت و تحقیقات علمی خستگی ناپذیر و پیگیرانهٔ اوست و بدون شك همچون گوهر گرانبهایی درگنجینهٔ زیست‌شناسی نو و بیوشیمی خواهد ماند.

و این مایهٔ افتخار مترجم است که به‌ترجمهٔ چنین اثری مبادرت ورزیده و آن را برای خواندن دانش‌پژوهان ایرانی علاقه‌مند به‌مسائل جالب وشیرین علمی راجع به‌طبیعت حیات ومنشأوتکامل آن آماده نموده است .

مترجم این را ناگفته نمی‌تواند گذاشت که پس از پایان کار ترجمه و توضیح بعضی ازلغات آن برای تهیهٔ مقدمهٔ مناسبی بدین‌فکر افتاد که شایسته است از دانشمندی برجسته وصاحبنظر تقاضاکند که مقدمه‌ای راجع به‌اهمیت تحقیقات علمی پرفسور اپارین درزمینهٔ بررسی وحل مسائل مربوط به‌منشأحیات، برای ترجمهٔفارسی کتاب حاضر بنگارد. بدین‌جهت از پرفسور برنال بیوفیزیکدان انگلیسی‌واستادکرسی کریستالوگرافی‌دانشگاه لندن که خود دربارهٔ منشأحیات تحقیقات‌دامنه‌داری کرده‌است وصاحب تئوری‌است، تقاضانمود که‌انجام این‌مهم‌رابرای‌خوانندگان‌ایرانی کتاب اپارین برعهده بگیرد . متأسفانه بیماری و زمین گیرشدن وی مانع انجام این‌کار شد و درنتیجه مترجم ناگزیر گردید که خود این وظیفه را بدین شکل محدود وناقص انجام دهد، زیرا حقیقتاًشرح بی‌نقص‌اهمیت تحقیقات علمی‌اپارین وفرضیهٔ بزرگ اودرمقدمهٔ یك‌کتاب‌نمی‌گنجد وبویژه ازعهدهٔ مترجم‌برنمی‌آید.

اینجا باکمال حق‌شناسی باید اضافه‌کرد که بخش قابل ملاحظه‌ای ازاین مقدمه مستفاد ازآثار اپارین، بویژه‌اثر۱۹۳۶ وی ،کتاب «منشأحیات» ، ترجمهٔ مرگولیس است .

ازخوانندگان صاحبنظر و دانشمند انتظار تنقیدهای سالم واصولی می‌رود تا ترجمهٔ‌کتاب با رعایت‌آنها هربار صحیحتر و روانتر از بار قبل تقدیم خوانندگان آینده گردد .

مترجم همچنین لازم می‌داند که از همهٔ دوستان فرزانه‌ای که‌درکارهای‌مختلف‌مربوط به‌ترجمهٔ‌کتاب وایجادتسهیلات‌ضرور

برای طبع آن جانانه کمك نموده‌اند ، عمیقاً سپاسگزاری نماید و ازدانشمند گرانمایه، پرفسوربرنال، که باوجود بیماری محبت کردند و یادداشت‌های خود را دربارهٔ فرضیهٔ اپارین و اولین اثرش ، ارسال نمودند ، صمیمانه تشکر کند .

هاشم بنی‌طرفی

۱ طبیعت حیات

وسعت پهنهٔ حیات

حیات کلمه‌ای است که بسیار آسان فهمیده می‌شود؛ با این حال برای هرمتفکری بسیار اسرارآمیز است. چنین می‌نماید که معنای این کلمه روشن است و در کلیه اعصار نیز برای همهٔ مردمان همین طور بوده است. باوجود این، می‌دانیم که درطی قرون بسیاری که از تاریخ فرهنگی بشر می گذرد، برسر اینکه حیات را چگونه باید کاملا شناخت، مشاجرات آشتی‌ناپذیری درگرفته است.

حتی این مسئله که چه‌چیزی زنده است و چه اشیایی در دنیای پیرامونمان واجد حیاتند، ووسعت قلمرو حیات یا غایت آن چیست، راههای متعدد و کاملا متفاوتی توصیف شده و بازهم می‌شود. ما گویی طیفی رنگارنگ و جامع ازعقاید متفاوت به‌دست داریم. دریك‌سر این طیف نظرات فیلسوفان و دانشمندانی قرار دارد که عقیده دارند که حیات خاصیت عمومی ماده است و از آن جدایی ناپذیراست. آنان بدین سان قلمروحیات را بسط می‌دهند و آن را شامل همهٔ اشیای عالم می کنند.

فیلسوفان سردیگرطیف، از سوی دیگر، فراخنای حیات را با استبداد رأی به‌دایرهٔ وجود بشری محدود می کنند یا حتی عقیده دارند که حیات امتیاز ویژهٔ جوهرواحد اندیشمندی است.

عقیدهٔ گروه نخستین از هیلوزوئیستها[۱]ی یونان باستان سرچشمه می‌گیرد. به‌روایت ارسطوحتی‌طالس[۲]، بنیانگذارمکتب فلسفی ملطی (که در حدود سال ۶۰۰ قبل از میلاد می‌زیست) ، مغناطیسهارا به‌علت قابلیت آهن‌ربائیشان جاندار تلقی می‌کرد .

---

۱. هیلوزوئیسم Hylozoism از دوکلمهٔ یونانی Hyle و Zoe ترکیب‌یافته که اولی‌همان هیولی یاماده است ودومی به‌معنای‌حیات است . هیلوزوئیسم نظریه‌ای فلسفی است که براساس آن همهٔ مواد عالم جاندارند وبدین جهت دارای احساس هستند . فلاسفهٔ یونان وروم‌قدیم مانندامپدوکلس، اناکساگوراس اپیکوروس‌ولوکرسیوس (شاعروفیلسوف مادی روم قدیم) عقیده داشتندکه چون‌ماده همیشه درفعالیت وحرکت است، بنابراین‌زنده است. دانشمندی ایتالیایی به‌نام ژیوردانو برونو Giordano Bruno ، و فیلسوف مادی فرانسوی به‌نام ژان باپتیست روبین Jean - Baptiste Robine ، هیلوزوئیست بودند موضوع هیلوزوئیسم ابتدا درقرن هفدهم به‌کار برده شد. برطبق این‌نظریه‌کلیهٔ اشکال‌ماده دارای احساس وقابلیت تعقل‌اند؛ درصورتی‌که احساس تعقل فقط خواص اجسام آلی‌خاصی است‌که تکاملی عالی یافته‌اند وسلسلهٔ گیاهان وجانوران راتشکیل می‌دهند ــ م.

۲ Thales طالس ملطی یا ثالس میلتوسی (۶۲۴-۵۴۷ ق. م.) اولین فیلسوف یونان باستان است‌که تاریخ تاکنون شناخته است . او ازشهر ملطیه یا میلتوس Miletus برخاسته است. میلتوس یکی از شهرهای یونان قدیم بود و بدین جهت اورا ملطی یا میلتوسی می‌نامند . طالس رایکی ازحکمای هفتگانه می‌دانستند . اومکتب مادی موسوم به‌ملطی یا ایونی Ionic را بنیاد نهاد . او معتقدبود که درعالم جز امّها وخلأ هیچ‌چیز وجود ندارد . او برای تمام دنیای اشیای متنوع، یك اصل اولیه یایك عنصر به‌عنوان منشأقائل بود. طالس آب را اصل ومنشأ اولیهٔ همهٔ چیزهای عالم می‌دانست. می‌گویند‌که جملهٔ «همهٔ موجودات، جرعهٔ حیات‌را ازآب‌نوشیده‌اند وحافظ دنیا آب است»، از اوست ــم .

بیش از دو هزار سال بعد ، درقرن هفدهم ، اسپینوزا (۱۶۷۷-۱۶۳۲م.) ، فیلسوف مادی هلندی عقیده داشت که سنگها فکر می‌کنند و همهٔ اجسام طبیعت جان دارند . و حتی صد سال بعد (بازهم درهلند) روبین(۱۸۲۰-۱۷۳۵م.)، فیلسوف فرانسوی کتابی به‌نام « در بارهٔ طبیعت » منتشر ساخت که در آن تصدیق می‌کرد کلیهٔ مواد زنده‌اند و حتی ستارگان آسمان‌را نیز اجسام آلی تلقی می‌کرد .

حتی‌درزمان‌خودمان بسیاری ازمهندسان فنی وفیزیکدانان میل دارند که بغرنجترین مکانیسمها و اتوماتونهای ۱ کنونی‌را زنده‌بدانند؛ یعنی‌درست‌همان‌طور که دکارت (۱۶۵۰-۱۵۹۶م.) ارگانیسم‌را با ساعتهای آبی‌یا آسیابها مانند می‌دانست، یالامتری (۱۷۵۱-۱۷۰۹م.) انسان‌را ماشین فوق‌العاده‌خوب‌تعلیم‌یافته‌ای تلقی می‌نمود . بعضی از شیمیدانان و ژنتیکدانان امروزی‌هم که می‌کوشند تا حیات راحتی به‌ملکولهای خاصی از موادآلی‌نسبت دهند ، از دیدرو (۱۷۸۳-۱۷۱۳م.) پیروی می‌کنند .

ازسوی دیگر ، همه می‌دانند که اگر نویسنده یا فیلسوفی در یکی از آثارش دربارهٔ اهمیت و ارزش حیات ، یا راجع به‌هدف آن سخن بگوید ، منظورش فقط زندگی بشری یا آن « تلاش برای نیکی » است که به‌عقیدهٔ تولستوی مقصود اساسی زندگی‌را تشکیل می‌دهد و همهٔ انسانها آن‌را به‌همین شکل درك نموده‌اند .

این آخرین نحوهٔ بیان عقیده از رسالهٔ تولستوی به‌نام «دربارهٔ حیات» گرفته شده است . تولستوی (۱۹۱۰-۱۸۲۸م.) در آن رساله ، دانشمندان تجربی‌یا ـ همان‌طور که او آنها را

---

۱ . Automaton نام دستگاههای ماشینی است که می‌توانندا‌عمال جانوران یا انسان را به‌طور خودکار تقلید نمایند ـ م.

نامیده - کاتبان۱ را ملامت می‌کند که با سفسطه‌ای زیرکانه یك ولاپوك۲ قراردادی و علمی اختراع کرده‌اند ، و زبانی‌ساخته‌اند که‌کلماتش باکلماتی‌که مردم عامی‌معمولی آن‌را می‌فهمند، ارتباطی ندارد . تولستوی به‌مورد توصیه می‌کندکـه « انسان ، با به‌کار بستن‌هر کلمه، ملزم است که‌آن معنی‌را منظور نظرسازد که همگان بی‌گفتگو مثل‌هم می‌فهمند .»

گمان می‌کنم اگر ازاین پند حکیمانه پیروی کنیم‌خواهیم توانست‌کـه از این دهلیز سر درگم‌کنندهٔ کنونی عقاید متضاد دربارهٔ مسئلهٔ تعیین حدود قلمرو حیات راهی خروجی بیابیم ؛ هرچندکه راه خروج ما دورتر از آن خواهد بودکه تولستوی پسندیده بود . هر شخص معمولی بـا نگاه به‌جهان پیرامونش ، آن را بی‌خطا به دو قلمرو اشیای بی‌حیات یـا غیرآلی و زنده دسته بندی می‌کند . او در هرجا و هرزمان ملاحظه می‌کند که زندگی در همه جـای فضا به‌سادگی پراکنده نشده ، بلکه تنها درارگانیسمهای‌منفردی وجود داردکه ازمحیطشان مجزاهستند؛ به‌طوری‌کـه مجموع این ارگانیسمهـا قلمرو حیات یـا دنیای موجودات زنـده را تشکیل می‌دهد . این قلمرو ، گروه متنوع عظیمی‌را متجلی‌می‌سازدکه شامل گیاهان، جانوران‌ومیکربهاست یعنی‌دنیایی که گوناگون است ودرنخستین نگاه، مشکل می‌نماید که وجه مشترکی داشته باشد. باوجود این، هرکسی، حتی‌اگر هیچ تجربهٔ علمی نداشته باشد ، به‌سادگی می‌تواند ملاحظه‌کند که موجودات زنده چه‌وجه مشترکی‌دارند یا چه چیزی‌انسان‌را

---

۱. اشاره تولستوی به‌«کاتبان وفریسیان» است که طبق‌قصص‌انجیل، باسفسطه ، مسیح را تخطئه و تکفیر نمودند -م.

۲. Volapük یك زبان اختراعی بین‌المللی است که درحدودسال ۱۸۷۹ توسط یوهان مارتین شلیر Johan Martin Schleyer آلمانی اختراع شد - م.

قادر می‌سازد که انسانی و درختی‌را ، بالنی و سوسکی کوچك یا علفی را، پرنده‌ای و نرمتنی بی‌شکل را در مقولهٔ «موجود زنده» بگنجاند .

هنگامی که لی‌ونهوك[۱] آمستردامی ، آن پرداختگر ساده شیشه، انواع گوناگون میکربهارا نخستین‌بار با شیشه ذره‌بینش دید، بی‌درنگ آنهارا جانوران کوچك زنده (Viva animalcula) خواند ، اگرچه بعضی از آنها از قبیل کوکوسها[۲] که لی‌ونهوك تصاویر آنهارا ترسیم نموده بود قدرت حرکت نداشتند وهیچ‌یك از خصوصیات ظاهری موجودات زنده را دارا نبودند.

انسان با پی‌بردن به‌اینکه موجودات‌زنده مشترکاً دارای چیزی هستند که آنهارا به‌هم منسوب می‌کند، اشیای‌دنیای‌غیرآلی را که فاقد آن «چیز» یعنی فاقد حیاتند ، از آنها تمیز می‌دهد. بنابراین ، هر شخص معمولی ، حتی با چشم غیرمسلح خود نیز می‌توانـد مقدماتیترین و در عین حال عامترین تعریف را برای وسعت حیات یا پهنهٔ حوزهٔ طبیعی‌حیات به‌کاربرد . حیات‌خصیصهٔ عالیترین تاپستترین‌ارگانیسمهاست. اما دراشیای طبیعی‌غیرآلی،

---

۱. Anton Von Leeuwenhoek (۱۶۳۲ــ۱۷۲۳) طبیعیدان هلندی و یکی از نخستین سازندگان میکرسکپ بود. او کاشف عالم موجودات ذره بینی (۱۶۷۴) و در نتیجه نخستین بنیانگـذار میکربیولوژی بود ــ م.

۲. Coccus . باکتریهای کروی شکل راکوکوس می‌نامند ، مانند

استرپتوکوکوس	Streptococcus
منـنگوکوکوس	Meningococcus
استافیلوکوکوس	Staphylococcus
دیپلوکوکوس	Diplococcus
میکروکوکوس	Micrococcus
ماکروکوکوس	Macrococcus وغیره ــ م.

هرچقدر هم کــه ساختمانشان پیچیده باشد چنین خصیصه‌ای وجود ندارد . بسیار ممکن است که درپهنهٔ بیکران عالم، اشکال پرشمار و بسیاربغرنج و تکامل عالی یافته‌ای ازحرکت وسازمان‌بندی ماده موجود باشندکه تاکنون به‌گمان ما نرسیده‌اند، ولی اگربعضی ازاین اشکال با حیاتی‌که توسط جمع‌کثیراقسام مختلف موجودات سیارهٔ مــا نشان داده می‌شود ، در اصول اساسی فرق داشته باشند، این دیگرکاملا بیجاست‌که‌آنهارا نیزحیات بنامیم. بهتر است‌کــه به‌هنگام ضرورت ،کلمهٔ مخصوص جدیــدی برای نمایش این شکلهای سازمانبندی ماده ، اندیشیده شود .

مــا حــدود ناحیه‌ای از طبیعت یــا دستهٔ اشیــایی‌را کــه به‌تحقیقاتمان راجــع به‌حیات مربوط می‌شود ، بدین‌نحو تعیین کرده‌ایم . این امر بدین‌معناست‌که در مطالب بعدی می‌توانیم با تکیهٔ جدی براصطلاحهای راهنمایی‌که در بالا طرح شده است ، از بسیاری از اشتباهات نسبتاً شایــع در نوشته‌های علمی دوری جوییم . البته آنچــه مطرح شده است به‌هیچ‌وجه تعریف حیات نیست . برای تعریف حیات باید مسئلهٔ طبیعت‌آن «چیز» را حل کردکه فقط صفت ممیزه جهان موجودات زنده است و در اشیای طبیعت غیرآلی وجود ندارد .

مبارزه میان ایدئالیسم و ماتریالیسم برسرطبیعت اصلی حیات

مسئلهٔ طبیعت اصلی حیــات از ابتداییترین روزگاران تا به‌امروز نیز ، همیشه میدان پیکار تلخی بوده است‌کــه میان دو اردوی آشتی‌ناپذیر فلسفی ایدئالیسم و مــاتریالیسم ادامه داشته است .

نمایندگان اردوی‌ایدئالیست جوهرحیات را ازنوعی‌منشأ

فوق مادی ابدی می‌دانند که باتجربه نمی‌توان بدان دست یافت. این منشأ فوق مادی همان «روح»[۱] افلاطون، و «علت فعلیت غایی[۲]» ارسطو[۳] و «روح جاویدان» یا «ذره الهی» تعالیم‌دینی

---

۱. روح وجان تقریباً مترادف هم به‌کار برده می‌شوند. انسانهای اولیه جان‌را چیزی مادی (سایه، خون، نفس وغیره) می‌دانستند. مذاهب، روح رایك نیروی غیرجسمی، غیرمادی وجاویدان تلقی می‌کنندکه درعالم دیگر مـی‌تواند مستقل و فـارغ از جسم وجود داشته باشد. روح درفلسفه مثالی (ایدئالیسم) باعناصرمختلفی از شعور یکی دانسته شده است. افلاطون (۳۴۷-۴۲۸ر۴۲۷ق.م.)، بنیانگذار فلسفهٔ ایـدئالیسم عینی، آن را «مثال» (ایـده Idea) جاویدان نامید. به‌عقیدهٔ او روح به‌کالبد حیات می‌بخشد امـا در «زندان تن اسیر است»، و پس از مرگ به‌کالبدی دیگر حلول می‌کند (تناسخ). افلاطون معتقد بودکه روح، منبع معرفت انسان به«معقولات» یا«مجردات»است. واما‌درمورد اشیای محسوس‌معتقد بودکه چون این اشیا مجازی هستند وحقیقی نیستند معرفت بدانها میسر نیست و فقط محل حدس وگمان است. روح در دستگاههای فلسفی ثنویها (Duolists) به‌صورتی بررسی می‌شودکه درجنب جسم موجودیت مستقلی دارد (دکارت، اسپنسر وغیره). ماتریالیستهای ابتدایی و متافیزیکی مانند دموکریت، روح را یك چیزثانوی و وابسته به‌جسم می‌دانستند؛ درحـالی‌که اعمال آن را مکانیکی و فیزیکی - شیمیایی تلقی می‌کردند. و هیلوزوئیستها Hylozoists برای همهٔ اجسام مادی عالم قائل به‌روح بودند -م.

۲ و ۳. ارسطو یـا ارسطاطـالیس Aristotle فیلسوف، دانشمند انسیکلوپدیست ومتفکربزرگ قرن چهارم قبل از میلاد (۳۲۲-۲۸۴ ق.م.) یونان قدیم است. او در استاگیرا Stagira، از شهرهای مقدونیه به‌دنیا آمد. درآتن، درمکتب افلاطون به‌تحصیل علوم پرداخت وسپس فلسفه افلاطون راموردانتقادقرارداد وخود مکتبی‌نو به‌وجود آورد. ارسطو بنیانگذار علم منطق و بعضی از شعب علوم بود. درزمینهٔ حیات دارای آثـاری است به‌نـامهای:

بقیه پاورقی در صفحه بعد

بقیهٔ پاورقی ازصفحهٔ قبل

«دربارهٔ منشأ جانوران» ، «دربارهٔ اعضای جانوران» ، «دربارهٔ جنبش جانـوران» و«دربارهٔ گیاهان» . ارسطو همچنین بنیانگذار نظریهٔ تکون خلق الساعه و خود به‌خود موجودات زنده از مواد طبیعت غیرزنده است . ارسطو معتقد بود که عالم برمدار «قوه» و «فعل» می‌گردد . منظور از « قوه » امکان و استعداد برای بودن هرچیز است و « فعل » تحقق و بـودن آن چیز است . نتیجه این می‌شود که وجود گاهی بالقوه است و زمانی بالفعل. هرشیء مجسمی خواه موجود زنده باشد و خواه جمـاد از اتحاد یك اصل انفعالی به‌نام «ماده» (Matter) ویك اصل فعال موسوم به«صورت»(Form) « علت فعلیت غایی » (Entelechy) یا روح به‌وجود می‌آید . باید دانست که «صورت» درسیستم فلسفی ارسطو شکل ظاهر اشیا نیست بلکه حقیقت هرچیز است. ماده به کمك صورت وعلت فعلیت‌غایی، فعلیت یاحقیقت می‌یابد . بدین‌ترتیب هرشیء حامل یك اصل فعال متضمن مقصود وغایت است وچون عقل وفکر کمال واقعی و غایت غایتهاست . انسان که امتیازش عقل وفکر اوست درمراتب وجود، مقام برتر را دارد. واما کلیهٔ غایتها درعالم‌تابع یك غایت‌برترین هستند و این غایت برترین «علت العلل» و «محرك اول» است که خودهمه فعل است وبی‌قوه وعلت محرك وساکن مطلق‌اند واوهمان فکریاعقل مطلق، یعنی خداست .

برطبق‌تعالیم ارسطو ماده به‌تنهایی عاری ازحیات است اما به کمك انرژی روح زنده می‌شود و برطبق غایتی شکل و سازمان می‌یابد. ذات درونی روح یاعلت فعلیت‌غایی به‌ماده حیات‌می‌بخشد وآن را زنده نگه می‌دارد. امادوح ازپیش درعناصر اولیه‌سازنده موجودات زنده (آب ، خاك ، هوا وآتش) وجود دارد. روح بیشتر خاصیت‌آب، هوا وآتش است وبه‌میزان کمتری خاصیت خاك است. از این‌رو بسته به‌این که چه عنصری ازعناصرچهارگانه غالب باشد موجودات زنده‌خاصی به‌وجود می‌آیند، به‌طوری که گیاهان ازخاك، جانوران آبی ازآب، جانوران زمینی ازهوا وسکنه اجسام‌آسمانی ازآتش تولید می‌شوند .

ازشرح‌بالامیزان ارتباط هیلوزوئیسم وویتالیسم Vitalism بافلسفه ارسطو آشکار می‌شود ـ م.

و مذهبی متعــدد و « اصل ذاتی علیت۱ »کانت و « روح عالم ۲ » هگلیها ۳ و « نیروی حیــات » ویتــالیستها ۴ و « نیروی غالب »

---

۱ . Inneres Prinzip der Kausalitat یا اصل ترتیب معلول و علت . علیت مقولــه‌ای فلسفی است و نشان دهندهٔ ارتباط جبری میان پدیده‌هاست . یك دسته پدیده را علت می‌نامند واینها موجب و تعیین‌کننده پدیده‌های دیگری هستند که معلول نامیده می‌شوند. به نظر ایمانوئل کانت Immanuel Kant (۱۷۲۴-۱۸۰۴) فیلسوف آلمانی، علیت یك اصل عقلی، یعنی غیرمبتنی برتجربه وحس است به‌عقیدهٔ کانت کارعقل این است که ازمعلول به‌علت برسد و چون در می‌یابد که این‌علت‌خودمعلول‌علت دیگری‌است که‌آن نیزمعلول‌است رشته تسلسلی از علت ومعلول می‌یابد .کانت عقیده داشت که عقل ، طبیعت متضادی دارد وامکان یافتن راه حلهایی متضاد برای‌مسائل فلسفی به‌یکسان وجود دارد . اما این تضاد صرفاً ظاهری است و مسائل راباید بامحدودکردن دانش به‌نفع ایمان حل نمود . وباید میان « شیء فی‌نفسه » و « پدیده » فرق‌گذاشت ، و باید دانست که «شیء فی‌نفسه» غیرقابل شناخت است . بــه‌این ترتیب‌کانت براین عقیده بود که عقل تسلسل علیت را نمی‌پذیرد (گرچــه علم آن را می‌پذیرد) و درنهایت امر به‌دنبال علتی می‌رود که معلول نباشد . عقل در این جستجو به‌سه ذات می‌رسد و درآنجا متوقف می‌شود : (۱) علت‌العلل اموری که در درون خود انسان روی می‌دهد وآن نفس یا روان است . (۲) اموری که دربیرون وجــود انسان روی می‌دهند، به‌مجموعه‌ای منتهی می‌شوند که عالم (Universe) نامیده می‌شود . (۳) سرانجام ، روان وعــالم را معلول یك علت بی‌علت یاعلت همهٔ علل می‌یابد که اورا خدا می‌خواند .کانت این سه ذات رامعقولات می‌نامد. ولی‌ازنظرگاه فلسفهٔ علمی، ترتب‌علت ومعلول و در عین حال تأثیر متقابل‌آنها درمــورد همهٔ پدیده‌ها و اشکال گوناگون حرکت وسازماندهی ماده امری عینی، یعنی مستقل از شعورانسان است وعمومیت دارد ــم.

۲ و ۳. Georg Wilhelm Fridrich Hegel گئــورك ویلهلم

بقیهٔ پاورقی درصفحهٔ بعد

بقیه پاورقی از صفحهٔ قبل

فریدریخ هگل (۱۷۷۰-۱۸۳۱) ازفیلسوفان کلاسیك آلمان است و پیرو ایدئالیسم عینی (Objective Idealism) بود و درفلسفه دارای مکتبی به‌نـام هگلیانیسم Hegelianism است . او عقیده داشت که تطور عالم وهمهٔ پدیده‌های طبیعی و اجتماعی مبتنی‌برسیر وسلوك یا دیالکتیك «صورت مطلق» (Absolute)، «عقل مطلق» (Absolute Reason) یـا روح عـالم (World Spirit یـا Weltgeist) است . این مطلق فعال است و فعالیت آن اندیشیدن یـا دقیقتر بگوییم خود شناسی (Self-Cognition) است . همهٔ پروسه‌های تکامل همیشه سه مرحله‌ای است و براساس «سه پایه» تز These ، آنتی‌تز Antithese وسنتز Synthese صورت می‌گیرند که هر مرحله نفی‌کنندهٔ مرحلهٔ قبلی است . به‌عقیدهٔ هگل ماده به‌واسطه میل آن به‌یك نقطهٔ مرکزی‌دارای سنگینی‌است وبنا براین قائم به‌وجود خود نیست؛ ذاتاً مرکب است وازعناصرمتضادترکیب یافته است و همیشه درپی وحدت خود می‌گردد و درنتیجه فناساز خود است . واگر به‌غایت وحدت برسد دیگرماده نیست. اما روح بی‌وزن است، یعنی ممتازاست ومرکزش درخودش است. بنابراین قائم به‌وجود خود است . صورت (Idea) درفلسفه هگل سیروسلوك یاجریانی دیالکتیکی دارد که براساس قاعدهٔ سه پایه هگل ازپست به‌عالی وازساده به‌مرکب، ودرنهایت امربه‌غایت روح مطلق یاذات مطلق می‌رسد . حیات درعالم‌گیاهان و جـانوران قسمتی از سلوك عقل راتشکیل می‌دهد. بدین معنی‌که عقل ازعوالم جمادی ونباتی وحیوانی می‌گذرد و به‌عالم انسانی یا تاریخ انسانیت یا زندگانی روحانی می‌رسد . و اینجاست‌که او به«روح مطلق» ، «روح عالم» یا خدا می‌رسد . وی می‌گوید خدا درجهان نیست بلکه جهان در خداست ؛ اوکل و حقیقت مطلق است و طبیعت زنـده و غیرزنده تجلی اوست ـ م.

۴. Vitalists ویتالیسم Vitalism یـا اصالت حیات یك جریان فکری خرافی ، ضد علمی وایدئالیستی است‌که وارد زیست شناسی شده است. ویتالیسم همهٔ اعمال حیاتی راکه دربدن موجودات زنده بانظم وترتیبی خاص صورت می‌گیرد ، به‌یك اصل یا نیرویی غیر

بقیهٔ پاورقی در صفحهٔ بعد

مادی و ویژه نسبت می‌دهد. این اصل را به‌نامهای فعلیت غایی (Entelechy) ، نیروی حیاتی (Vital Force، Elan Vital) و غیره نامیده‌اند. ویتالیسم از تعالیم افلاطون و ارسطو دربارهٔ روح وفعلیت سرچشمه می‌گیرد؛ ولی درقرن هیجدهم بودکه‌توسط مکتب مون پلیه ومخصوصاً به‌وسیلهٔ پزشکی‌فرانسوی به‌نام پل‌ژوزف‌بارتز Paul Joseph Barthez (۱۸۰۶-۱۷۳۴) و همعصرانش به‌مثابهٔ یك دکترین بیولوژیك تجلی کرد. درقرن نوزدهم طبیعیدانان و فیزیولوژیستهای بسیاری‌ازجمله‌بیشا Bichat (۱۸۰۲-۱۷۷۱)و کوویه Cuvier (۱۸۳۲-۱۷۶۹)ویتالیسم‌را پذیرفتند. ازمدافعان بنام‌ویتالیسم درقرن حاضرمی‌توان دریش H. Driesch (۱۹۴۱-۱۸۶۷) ، هانری برگسون Henri Bergson (۱۹۴۱-۱۸۵۹) ، برتالانفی L. Bertalanffy و ونزل A. Wenzel را نام برد. ویتالیسم با استناد به‌ویژگی کیفیت حیات، روی تضاد میان عالم زنده وطبیعت بی‌حیات به‌نحوی مبالغه‌آمیزوغیرعلمی تکیه می‌کند وازدرك این حقیقت عاجزاست‌که حیات شکل مخصوصی ازحرکت و سازمانبندی ماده است‌که براثر تکامل و براساس انتخاب طبیعی پیدا شده است و از هیچ اصل غیرمادی نـاشی نشده است و هیچ نیروی‌غیرمادی‌برآن حکمفرما نیست. ویتالیستها از نقصان‌معلومات بشر دربارهٔ مسائلی مانند طبیعت حیات، تضمن مقصود و تمامیت در ساختمان جسم زنده، تکوین جنین، ترمیم وغیر آن‌کـه هنوز کاملا بررسی وحل نشده‌اند، استفاده‌کرده به‌نتایج غلط وغیرعلمی می‌رسند. مثلا جریان رشد جنین از نظرگاه ویتالیسم چیزی نیست جزتحقق دادن منظوری‌که ازپیش مقدر شده است. چون براساس ویتالیسم پیدا شدن طبیعت جاندار صرفاً از طبیعت بیجان هیچ‌گاه امکان‌پذیر نبوده و نخواهد بود، وچون دست یافتن به‌نیروی‌حیات، وشناخت‌آن نامیسر است، باقبول ویتالیسم، منطقاً نتایج زیرحاصل می‌شود که: (۱) یا حیات ابدی و بی‌مبدأ است، (۲) یا اگر مبدأیی داشته باشد به‌قدرتی‌فوق طبیعی پدیدآمده است. (۳) یاتلاش‌برای حل معمای منشأحیات درزمین وعالم‌کاری باطل، عبث وبی‌ثمراست. (۴) وشناخت طبیعت حیات نا‌ممکن است و معرفت ما بدان همیشه ناقص، ناچیز وفاقد اعتبار است ـ م.

ویتالیستهای جدید است .

از این نظرگاه ، ماده به‌مفهوم واقعیت عینی‌ای‌که آن را مستقیماً ملاحظه می‌کنیم و با تجربه بررسی می‌نماییم ، فی‌نفسه بیجان و خنثاست . ماده فقط به‌عنوان مصالح ساختمانی خدمت می‌کند و روح یاجان ازآن موجودی زنده به‌وجود می‌آورد ، و به‌آن شکل می‌دهد ، و ساختمان‌آن را با نیازمندیهای عملی‌اش مطابق می‌گرداند ، و به‌آن نیروی تنفس و حرکت می‌بخشد و به‌طورکلی‌آن را زنده می‌کند وهنگامی‌که روح ارگانیسم را رها می‌کند و مرگ روی می‌دهد ، تنها قالب مادی بیجان است‌که همچون‌کالبدی پوسیده و درحال تجزیه به‌جا می‌ماند .

این مفهوم مرگ به‌معنای‌جداشدن روان (که جوهرحیات است) از تن ، در واقع ، پایهٔ تعریفی است از حیات‌که پیروان فراوان دارد وحتی دربعضی ازدایرةالمعارفها آمده است، وبدین معنی است‌که حیات عکس مرگ است. اما این امر ، این حقیقت را ازنظر دور می‌سازد‌که متضادکامل زنده، فقط بی‌زندگی تواند بود ، نه مرده .آشکار است‌که تن مرده محصول زندگی است ؛ زیـرا در نبود زندگی ، یعنی دریك دنیای غیرآلی هیچ جسدی هرگز نمی‌توانست به‌خودی خود به‌وجودآید .

البته حتی‌اگرکار ازصغرا وکبرا پردازی ایدئالیستی‌آغاز شود ، می‌توان یك بررسی عینی دربـارهٔ ارگانیسمهای ویژه و اندامهایشان بـه‌عمل آورد . ولی در این صورت ، چون جوهر خودحیات دارای طبیعتی فوق مادی و روحی است، طبعاً ناممکن است‌که با وسایل تجربی ومادی به‌درك این جوهرنایل شد. تنها بـا درون بینی ذهنی است‌که به‌درك آن اصل‌الهی‌که در درون خویشتن داریم، می‌توانیم نزدیك شویم. مادربارهٔ تمام بقیهٔ‌جهان موجودات زنده فقط می‌توانیم‌کورکورانه بیندیشیم و از حکمت خالقی‌که‌آنهارا ساخته است به‌حیرت افتیم . و اگر این نظریه

پذیرفته شود ، دیگر طبعاً هیچ محلی بـرای انسان نمی‌ماند که بتواند تغییر یا استحاله‌ای درطبیعت زنده ایجاد کند .

ماتریالیستها ازدیدگاه قطبی مخالف بامسئلهٔ جوهرحیات آشنایی حاصل می‌کنند. آنان با مبتنی کردن استدلالهای خویش بردلایلی که بـه‌وسیلهٔ علم به‌دست آمده است ، ثـابت می‌کنند که حیات مانند بقیهٔ دنیا مادی است و برای شناخت آن به‌پذیرش یك منشأ روحی که ازبررسی تجربی پیروی نمی‌کند ، نیازی نیست. برعکس، مطالعهٔ عینی‌جهان پیرامونمان، ازنظرماترلیست نه‌تنها راه امید بخش رسیدن به‌شناخت خـود جوهرحیات است ، بلکه همچنین ما را قـادر می‌سازد که طبیعت زنده را به‌دلخواه خود و به‌طریقی که به‌سود بشر است ، تغییر دهیم.

محافل وسیعی از دانشمندان زیست شناس، خواه بادانشی که از دیگران کسب نموده‌اند وخواه بادرك مستقیم و ذاتی‌خود، تحقیقات خویش را برپایهٔ مفهوم مادی طبیعت زنده می‌نهند و با پیروی از این خط مشی ، همیشه دانش حیات را باکارشان غنی می‌سازند وما را به‌شناخت جوهر حیات نزدیکتر می‌گردانند .

مفاهیم مکانیکی و دیالکتیکی حیات

باوجود این، جوهرحیات حتی درحدود مفهوم مادی‌اش ممکن است به‌راههای متعددی تفسیرشود .

طبق نظریهٔ مکانیستی، که دردنیای علمی‌قرن گذشته متداول بود وتااندازه‌ای تابه‌امروزهم حفظ شده‌است، شناخت‌حیات به‌صورت عامش فقط شامل توضیحی کامل ازحیات برحسب فیزیك و شیمی، و شرحی کامل ازهمهٔ پدیده‌های زنده به مثابهٔ پروسه های‌فیزیکی و شیمیایی است . اگراین نظریه پذیرفته شود، دیگر برای هیچ قانون زیست شناسی هیچ محل ویژه‌ای باقی نمی‌ماند . درواقع،

تنها یك قانون وجود داردکه هم برجهان غیر آلی و هم برهمهٔ پدیده‌هایی که درموجودات زنده روی می‌دهند ، حکمفرماست . واین‌درحقیقت‌به‌معنای انکارهرگونه اختلاف کیفی‌میان موجودات زنده واشیای غیرآلی است . به‌این ترتیب ما به‌جایی می‌رسیم که یاباید بگوییم اشیای غیرآلی زنده هستند یا اینکه حیات واقعاً وجود ندارد . بنابراین برطبق تکامل منطقی بینش مکانیستی که قبلا توضیح داده شده است ، ناگزیر به‌استنتاجی می‌رسیم که با نقطه‌نظرپذیرفته شدهٔ قبلی‌ماتضاداساسی دارد. به‌هرحال برخلاف این بایدکاملا آگاه بودکه پذیرش طبیعت مادی حیات به‌این معنی‌نیست‌که صفات ویژهٔ حیات وتفاوتهای کیفی‌موجودات‌زنده‌با اشیای‌غیرآلی‌بایدانکارشود. نبایدمانندمکانیستهاعمل کردوهرآنچه راکه مشمول فیزیك و شیمی نمی‌شود ، ویتالیستی یا فوق طبیعی تلقی نمود. برعکس، ممکن است‌که اشکال سازمانبندی وحرکت ماده بسیار متنوع باشند . انکار این‌گوناگونی همانا تسلیم به‌زیاده روی در ساده سازی است .

ازنظرگاه ماتریالیسم منطقی، ماده درحرکتی پایداراست و درمسیریك سلسله مراحل تکاملی پیش می‌رود . درجریان این پیشرفت ، شکلهای بازهم نوتر، پیچیده‌تر وبا تکامل عالیتری از حرکت ماده پدید می‌آیند و این شکلهای حرکت ماده دارای خواص جدیدی می‌شوندکه قبلا وجود نداشتند . شك نیست‌که مدتی دراز پس ازشکل گرفتن سیاره ما هیچ حیاتی‌روی‌آن‌وجود نداشت. ظاهراً هرچه روی‌آن بود فقط ازقوانین فیزیك وشیمی پیروی می‌کرد. امادرجریان تکامل ماده برروی زمین، نخستین و ابتداییترین ارگانیسمها پدید آمدند . یعنی زندگی به‌منزلهٔ شکل جدیدی از حرکت ماده به‌وجود آمد . پس ازاین واقعه ، قوانین‌کهن فیزیك و شیمی طبعاً به‌اعمال خود ادامه دادند ؛ اما

قوانین زیست‌شناسی جدید و پیچیده‌تری بدانها ضمیمه شدند که پیشتر عمل نمی‌کردند.

از این‌رو حیات ماهیتی مادی دارد، اما خواص آن محدود به‌خواص ماده به‌صورت عامش نیست. فقط موجودات زنده دارای حیاتند. حیات شکل مخصوصی از حرکت ماده است که از لحاظ کیفی با حرکت مادهٔ جهان غیرآلی فرق دارد و موجود زنده شیوه‌های رفتار و خصیصه‌های حیاتی ویژه‌ای دارد وصرفاً از اصول حاکم بر طبیعت غیرآلی پیروی نمی‌کند. بنابراین، یك ماتریالیست منطقی مسئلهٔ شناخت حیات را به‌طریقی مغایر باشیوه یك مکانیست فرمولبندی می‌کند. این مسئله از نظر یك مکانیست عبارت از توضیح هرچه کاملتر حیات برحسب فیزیك و شیمی است؛ درصورتی که به‌عقیده یك ماتریالیست منطقی، اصل مهم شناخت حیات، اثبات تفاوت کیفی آن با دیگر اشکال ماده است. یعنی شناخت آن تفاوتی که ما را وادار می‌کند که حیات را شکل خاصی از حرکت ماده بدانیم.

تلاشهایی برای تنظیم تعریفهای حیات

این اختلاف در تعریفهای حیات که توسط دانشمندان و متفکران قرن گذشته و زمان خودمان تنظیم وطرح شده‌اند، کم و بیش انعکاس یافته و هنوز هم انعکاس می‌یابد. همانا از دریچهٔ اختلاف میان زنده و غیرزنده است که با وجود تناقض مطلق و گوناگونی شگفت‌انگیزشان به‌ارزش عینی و اساسی این تعریفها می‌توان پی‌برد.

کلود برنار[1]، در کتاب جالبش به‌نام «درسهایی دربارهٔ

---

1. Claude Bernard (۱۸۱۳-۱۸۷۸)، کلود برنار فیزیولوژیست مشهور فرانسوی است. مهمترین تحقیقات علمیش نشان دادن نقش

بقیه پاورقی در صفحهٔ بعد

پدیده‌های مشترك زندگی جانوران و گیاهان » ۱ (۱۸۷۹ـ ۱۸۷۸) ، تعریفهای زیادی دربارهٔ حیات می‌آورد که پیش از آن ساخته شده بودند. اما او این کار را فقط بدین منظور انجام داد تانشان دهد که به‌طورکلی هرتعریف قبلی۲ حیات همیشه واهی و از لحاظ علمی بیفایده است . باوجود این ، او نیز عقیده داشت که اگر بااثبات مشخصات ویژه‌ای که موجودات زنده‌را ازاجسام غیرزنـده جدا می‌کند یك آشنایی بعدی۳ نسبت به‌حیات حاصل شود، می‌توان آن را کاملا درك کرد. این امر یقیناً آسان نیست وما درانجام آن درتردیدها ودشواریهای قابل ملاحظه‌ای محصور می‌گردیم ؛ اما همواره به‌حل مسئلهٔ خویش نزدیکتر می‌شویم .

دریك دایرة‌المعارف امریکایی چاپ ۱۹۴۴ گفته شده‌است که تعریف واحدی ازحیات وجود ندارد؛ زیرا درحالی که بعضی از تعریفها پدیده‌هـای بسیاری را در بر می‌گیرند ، بقیه دچار محدودیتهای بسیارسختی هستند .

بقیه پاورقی ازصفحهٔ قبل

اوزالمعده درهضم مواد چربی ، اثبات عمل گلیکولیزکبد و اثبات وجود مراکز مستقل عصبی درمغز ونخاع است ـ م.

۱. Leçons sur les phénomènes de la vie commune aux animaux et aux végétaux .

۲. A Priori یاقبلی به‌معلوماتی گفته می‌شود که عقلی هستند؛ یعنی ذاتی شعورند ومبتنی برحس و تجربه نیستند وچون براساس فلسفهٔ کانت قبل از حس و تجربه به‌ذهن متبادر می‌شوند ، قبلی نـامیده شده‌اند کانت خاطرنشان می‌ساخت که معلومات حاصل از حس و تجربه غیرواقع‌وغیرمعتبراند وبرخلاف آنها معلوماتی که ازشکلهای قبلی حس (زمان ومکان) وتعقل (علیت وضرورت) حاصل می‌شوند، درست و معتبرند . تکامل منطقی علم مردود بودن این عقیده را ثابت کرده است ـ م.

۳. A Posteriori یا بعدی معلوماتی است که بعد ازحس وتجربه حاصل می‌شود ـم.

به‌عقیدهٔ ما ، این امر درغالب مـوارد بدین علت است که مردم می‌کوشند حیات را به مثابهٔ نقطه‌ای واحد توصیف نمایند ؛ وحال‌آنکه در واقع خطی است که شامل تمام‌آن بخش از تکامل ماده‌است که میان منشأحیات روی زمین وزمان‌خودمان قراردارد و ازجملهٔ مظاهر آن علاوه بر گیاهان و جانوران با تکامل عالیتر وبویژه انسان ، ابتدایی‌ترین موجودات نیز هستند. اما، با پدید آمدن انسان ، شکل جدید و اجتماعی حرکت ماده ظاهر گردید که پیچیده‌تر ودارای تکاملی‌عالیتر ازحیات است وتوسط‌مشخصات ویژهٔ خود و نیز به‌وسیلهٔ قـوانین مخصوص تکامل جامعهٔ بشری مشخص می‌شود .

بنابراین کاملا خطاست که «خط حیات» را فقط بر پایهٔ یك نقطه توصیف نماییم- خواه این‌نقطه درآغاز وخواه دروسط یا در پایان خط قرار گرفته باشد. در واقع اگرسعی کنیم که حیات را برحسب صفاتی‌تعریف کنیم که درهمان‌آغاز پدیدآمدن‌آن در روی زمین ظاهرشدند، ناگزیریم که نه‌فقط شعور بلکه تنفس را هم که مسلماً در ابتداییتریـن موجودات زنـده پدید نیامده بـود ، از مشخصات آن حذف کنیم. از سوی دیگر، اگرحیات را براساس پدیده‌هایی تعریف کنیم که علائم موجودات زنده یـا تکامل عالیتر باشند ، بیم‌آن می‌رود که باکتریهای بی‌هوازی ، وعلاوه برآنها بسیاری ازارگانیسمهای ابتدایی‌را به‌مقولهٔ اجسام غیرزندهٔ متعلق به‌طبیعت غیرآلی نسبت دهیم .

هنگامی که انگلس‌تعریف جالب‌توجه خودرا دربارهٔحیات ساخت وآن را «طرز بقای اجسام آلبومینی» تلقی نمود، فـوراً احتیاطهایی به‌عمل‌آورد وناقص بودن این تعریف را نشان داد. او نوشت: «تعریف ما ازحیات طبعاً بسیار نارساست و ازآنجاکه همهٔ پدیده‌هـای حیات را بـه‌هیچ وجه در برنمی‌گیرد ، بـاید

بـه‌مشترکترین و ساده‌ترینشان محدود گردد . از نظرگاه علمی همهٔ تعریفها کم ارزش‌اند . برای آنکه دربارهٔ چگونگی حیات معلوماتی جامع به‌دست آوریم ، باید همهٔ اشکالی را که حیات بدانها ظاهر می‌شود، از پستترین تاعالیترینشان را مرور نماییم.»

بنابراین ، برای شناخت‌کامل حیات لازم است که از گام کامل مختصات ویژهٔ آن آگاهی داشت. باید ازمشخصات‌فوق‌العاده مقدماتی‌ای که موجودات زندهٔ نخستین دارا بودند ، شروع کرد و به‌پیچیده‌ترین تظاهرات فعالیت عالی عصبی جانوران و انسان که مرحلهٔ بیولوژیك تکامل ماده به‌اوج خود می‌رسد ، رسید . ازمیان عدهٔ کثیرمشخصات ویژهٔ حیات که ازهمان‌آغازپدیدآمدن آن جلوه‌گرشدند و درجریان افزایش پیچیدگی وتکامل‌تدریجی بعدیش پیچیده‌ترگشتند ، باید ذکر خاصی از تأثیر متقابل کاملا مشخص وویژهٔ ارگانیسم ومحیطش به‌عمل‌آید که بسان تاری‌قرمز درامتداد«خط حیات» می‌دود وصفت ویژهٔ همهٔ موجودات زنده ، از پستترین تا عالیترینشان است ، ولی در اشیای دنیای غیرآلی وجود ندارد .

تأثیرمتقابل ویژهٔ ارگانیسم ومحیط آن

یك ارگانیسم فقط تا وقتی می‌تواند زندگی‌کند و خودرا زنده نگه داردکه پیوسته با محیطش مبادلهٔ مواد و انرژی‌کند . مواد مختلفی‌که ماهیت شیمیاییشان بـا ارگانیسم بیگانه است و به‌صورت خوردنی، نوشیدنی ، ومادهٔ گازی درآن وارد می‌شوند. این مواد درجسم زنده متحمل تغییرات و تحولات دور و درازی می‌شوند وسرانجام به‌جنس خود موجود درمی‌آیند . این بدین معنی است که به‌ترکیباتی شیمیایی‌تبدیل می‌شوندکه تا اندازه‌ای بـه‌مواد سازندهٔ بـدن موجود زنده همانندند . این همان بخش

صعودی متابلیسم بیولوژیك است که به‌نام همانند سازی (Assimi-lation) معروف است . اما درجریان تأثیر متقابل مواد خارجی ومواد بدن موجود زنده ، پروسهٔ مخالف نیز که به‌نام واهمانند سازی (Dissimilation) شناخته شده است پیوسته روی می‌دهد . مواد جسم زنده بی‌تغییر نمی‌مانند . آنها بـه‌سرعت زیاد شکسته می‌شوند تا انرژی نهفته‌شان آزاد شود و بعد ، مـواد حاصل از تجزیه‌شان به‌محیط پیرامون دفع می‌گردند .

بدنهای ما مانند نهرها روانند وموادشان بسان آب‌جویی پیوسته تازه می‌شود . این بود آنچه هراکلیتوس[1] فیلسوف‌جدلی یونان باستان تعلیم می‌داد . یقیناً جریان آب جوی یـا ساده‌تر بگوییم جریان‌آبی که ازیك شیر بیرون می‌آید، ماراقادرمی‌سازد که‌بسیاری ازمشخصات سیستمهای جاری یاباز (Open System) یا (Flowing System) راکه به‌حالت خاص‌جسم موجود زنده ظاهر می‌شوند، به‌ساده‌ترین صورتشان درك نماییم . اگرشیرآب‌بسیار باز نباشد وفشار منبع‌آب ثابت بماند ، شکل خارجی آبی‌که از شیرجاری است بی‌تغییر می‌ماند ، به‌طوری‌که‌گویی منجمد شده است . اما می‌دانیم‌که این شکل صرفاً نمایش قابل رؤیت جریان پیوستهٔ ذره‌های آب است‌که به‌طور ثابت وباسرعت یکنواخت از راه مجراگذشته ازآن بیرون می‌آیند . اگر رابطهٔ میان سرعت

---

۱. Heraclitus هراکلیتوس (۴۸۳ــ۵۴۴ ق.م.) اهل افسوس Ephesus (ازشهرهای آسیای صغیریونان قدیم) فیلسوفی مادی و جدلی بود . او عقیده داشت‌که اصل و منشأ همهٔ چیزها حتی روح آتش است و آتش را هیچ‌کس وهیچ چیز نیافریده ، همیشه بوده، هست وخواهد بود . همه‌چیز درحال تغییر است و به‌ضد خود تغییر می‌کند . نمی‌توان دوبار دریك رودخانه پا گذاشت زیرا بار دوم درآب دیگر وتازه‌تری پامی‌گذاریم . مبارزه اضداد عمومیت‌دارد وبرهمه‌چیز حکمفرما است ــ م.

دخول و خروج آب یا پروسهٔ یکنواخت حرکت ذره‌ای آن را برهم بزنیم ، این ترتیب جریان آب از میان می‌رود، زیرا خود وجود جریان به‌گذر ثابت ملکولهای آب از مجرا بستگی دارد که پیوسته تجدید می‌شوند .

براین قیاس ، ثبات شکل خارجی و حتی بقای ساختمان داخلی مفصل‌الاعضای موجود زنده ، نمایش قابل رؤیت پایداری توالی پروسه‌هایی است که درنتیجهٔ تعادل دوپدیده متضاد مذکور درقبل ، یعنی همانند سازی و واهمانند سازی ، در درون آن ادامه می‌یابند . بقای طولانی سیستم زنده‌ای که همواره تجزیه و زوال درآن صورت می‌گیرد ،کاملا بـه‌علت این تعادل است . به‌جای هرملکول یاساختمانی که تجزیه می‌شود ، ملکولی‌همانند به‌مثابهٔ یك صورتبندی نوسازپدید می‌آید. موجود زنده‌بدین‌سان شکل، ساختمان وترکیب شیمیایی خود را بی‌تغییر نگه می‌دارد؛ درحالی‌که مواد آن پیوسته تغییرمی کنند .

ازاین‌رو ارگانیسمهاسیستمهایی‌ساکن (Static Systems) نیستند، بلکه سیستمهایی‌ماندگاریاجاری (Stationary Systems) هستند . توانایی آنها به‌زندگی برای مدتی نسبتاً دراز یاکوتاه درشرایط محیطی معینی وابسته به‌این نیست که درآرامشند یاتغییر نمی‌کنند، بلکه‌برعکس به‌پایداری حرکتشان،یعنی به‌متابلیسمشان بستگی دارد .

متابلیسم ازنظرگاه شیمیایی‌صرف، فقط حاصل‌عدهٔ بسیاری واکنش‌نسبتاًسادهٔ اکسیداسیون[۱]احیا[۲]، تراکم آلدل[۳]،هیدرولیز[۴]،

---

۱. Oxidation . ترکیب اکسیژن را با یك عنصریا یك‌ماده مرکب یاگرفتن هیدروژن را ازیك ماده مرکب وبه‌طورکلی هرواکنشی‌را که در آن یك اتم از عنصری یا یك یون از مـاده‌ای الکترون از دست بدهد (مثل تبدیل یون‌فرو Fe^{++} به‌یون‌فریك Fe^{+++}) اکسیداسیون می‌گویند ـ م.

بقیه پاورقی درصفحهٔ بعد

۲. Reduction احیا درست عکس اکسیداسیون است، وعبارت از عمل گرفتن اکسیژن از یك مادهٔ اکسیژندار یادادن هیدروژن به یك عنصر یا یك مادهٔ مرکب (هیدروژناسیون Hydrogenation) است. و بطور کلی عبارت است از هر واکنشی که در آن یك اتم یا یك یون ماده‌ای الکترون بگیرد. باید دانست که واکنشی به نام واکنش اکسیداسیون و احیا (Oxidation - Reduction réaction) نیز هست که در جهت آن هردو عمل اکسیداسیون و احیا باهم صورت می‌گیرد. مثال:

$$2CH_3CHO \xrightarrow{HOH} CH_3COOH + CH_3CH_2OH$$

الکل اتیلیك   اسیداستیك   اکسیداسیون   استالدئید

چنان که ملاحظه می‌شود، در این واکنش از اکسیداسیون، یك ملکول استالدئید، یك ملکول اسیداستیك به‌دست می‌آید واز احیای ملکول دیگر استالدئید یك ملکول الکل اتیلیك حاصل می‌شود ـ م.

۳ ـ Aldol condensation. تراکم الدول نوعی پلیمر بندی Polymerization است که در آن از ملکولهای متشابه الترکیب لدئیدها، بدون از دست دادن آب، ملکول درشت‌تری به دست می‌آید که هم گروه اتمی الکل (OH ـ) دارد وهم گروه اتمی الدئید (CHO ـ)، بدین جهت به آن الدئیدالکل یا الدول Aldol می‌گویند. همان طور که ملاحظه می‌شود در نام Aldol ، Ald مشخص الدئید Aldehyde وجزء ol معرف الکل است. فرمول تراکم الدل استالدئید Acetaldehyde به صورت زیر است:

$$CH_3CHO + CH_3CHO \xrightarrow[\text{محیط قلیایی}]{\text{تراکم الدول}} CH_3.CH(OH).CH_2.CHO$$

۴. Hydrolysis. تجزیهٔ شیمیایی یك ماده را به‌وسیلهٔ آب، هیدرولیزمی گویند. در این عمل خود آب نیز تجزیه می‌شود. فرمول کلی واکنش هیدرولیز بدین صورت است:

$AB + H_2O \longrightarrow A(OH) + BH$ در نتیجهٔ هیدرولیز، نمکهای اسیدهای ضعیف و بازهای ضعیف حاصل می‌شوند. ازهیدرولیز استرها، الکل

بقیه پاورقی در صفحه بعد

ترانسامیناسیون[۱]، فسفریلاسیون[۲]، سیکلیزاسیون[۳] و غیره است .

بقیهٔ پاورقی از صفحهٔ قبل

و اسید به‌دست می‌آید قندها ، اسیدهای امینه و بعضی ازمواد آلی دیگر، براثر هیدرولیز تجزیه می‌شوند و به‌مواد باملکولهای کوچکتر تبدیل می‌گردند. می‌توان گفت که هیدرولیز این مواد، عکس عمل پلیمریزاسیون است -م.

۱- Transamination یك رشته کنش و واکنشهای امیناسیون (Amination) و دآمیناسیون (Deamination) مرکب است و عبارت است از نقل و انتقال دوطرفه گروه امینه ($-NH_2$) از یك اسید امینه به‌یك اسیدستو (Keto acid) گرفتن گروه امینه توسط اسیدستو و تبدیل آن به‌اسیدامینه را امیناسیون می‌نامند . پروسهٔ مخالف دراین فعل وانفعال را دآمیناسیون می‌نامند (تبدیل اسید امینه به‌اسیدستو) مثال :

$$\underset{R}{\overset{COOH}{H{-}C{-}NH_2}} \; + \; \underset{R_2}{\overset{COOH}{CO}} \;\; \underset{\longleftarrow}{\xrightarrow{\text{ترانسامیناز}}} \;\; \underset{R}{\overset{COOH}{CO}} \; + \; \underset{R_2}{\overset{COOH}{HC - NH_2}}$$

اسید امینه (۲) اسیدستو(۱) اسیدستو(۲) اسید امینه (۱)

فعل و انفعال ترانسامیناسیون دوطرفه است و به‌وسیلهٔ آنزیمهایی به‌نام ترانسامیناز Transaminase کاتالیز می‌شود ترانسامینازها را درهمهٔ بافتهای جانوری ، بویژه درقلب، مغز، کلیه بیضه و کبد وهمچنین درگیاهان عالی‌وموجودات زنده ذره‌بینی یافته‌اند. پروسهٔ ترانسامیناسیون را دو دانشمند اتحاد شوروی ا. ای. بروانشتاین A. E. Braunstein و م. گ. کریتسمن M. G. Kritsman کشف نمودند - م.

۲. Phosphorylation . کنش یا رشته کنشهایی است که مانند تبدیل گلوکز یا یك قند دیگر به انرسل اسیدفسفریك به‌فسفردارشدن یك ترکیب منجر می‌شود - م.

۳. Cyclisation واکنشهای دوری یا فعل و انفعالهای تسلسلی درشیمی حیاتی ، بواکنشهایی گفته می‌شود که پس از چند مرحله دورهٔ آنها ازسر گرفته می‌شود -م.

هریك از این واکنشها را درخارج بدن موجود زنده هم‌می‌توان مجدداً انجام داد . زیرا در مورد آنها هیچ چیز که اختصاصاً به‌حیات مربوط باشد، وجود ندارد .

آن ویژگیی که حیات را از سایر اشکال حرکت ماده (مخصوصاً از سیستمهای جاری غیرآلی) از لحاظ کیفی متمایز می‌سازد ، این است که درجسم زنده دهها و صدها هزار واکنش شیمیایی خاص صورت می‌گیرد که مجموعاً متابلیسم رامی‌سازند و اینها نه فقط باهم به‌شدت تطابق زمانی ومکانی دارند ونه‌تنها در رشته واحدی از اعمال مربوط به‌خود نوسازی همکاری می‌کنند ، بلکه تمام این رشته به‌طریق منظمی پیوسته به‌سوی صیانت ذات و خود بازسازی تمام جسم زنده هدایت می‌شود . این واکنشها برای حل مسئلهٔ بقای ارگانیسم دریك سلسله شرایط محیطی به‌خوبی مناسب‌اند .

«تضمن مقصود» درسازمان اجسام زنده

این خصلت جریان تأثیر متقابل موجودات زنده و ملأ پیرامونشان ومهمتر ازهمه، سازگاری شگفت‌انگیز ومؤثرسازمان این تأثیرمتقابل باوظیفهٔ صیانت ذات وخود بازسازی سیستم تحت تأثیریك سلسله شرایط خارجی معین است . یعنی آن چیزی‌راکه بسیاری ازمصنفان به‌نام «سازش شکل باوظیفهٔ عضوی» یا «تضمن مقصود» درساختمان چنین دستگاهی نامیده‌اند، چنان وضوح عینی دارد، وچنان تأثیر نیرومندی بردیدگان بررسی کنندگان طبیعت زنده می‌گذارد که دراکثریت حتی گوناگونترین تعریفهای حیات که درطی قرون متمادی فرمولبندی شده و توسط متفاوت‌ترین مکتبهای فلسفی و اندیشه‌های علمی مطرح شده‌اند ، به‌نحوی از انحا تجلی می‌کند .

وجود سازش‌شکل باوظیفهٔ عضوی درهمهٔ موجودات زنده، بدون‌استثنا، حتی‌توسط ارسطوذکرشده‌است، اونخستین کسی بود که‌توانست درنوشته‌های خودازمجموعهٔ وسیع مطالب‌زیست‌شناسی موجودآن‌زمان نتایج‌کلی بگیرد. ارسطو، این خاصیت‌مخصوص موجودات زنده را به‌عنوان «علت فعلیت غایی» بنیادی حیات یا «اصلی که هدفش در درون خودش است» مشخص ساخت .

تعلیمات ارسطو دربارهٔ «علت فعلیت غایی» تأثیر خود را به‌شکلهای مختلف درهمهٔ تعریفهای حیات به‌جای‌گذاشته است . «علت فعلیت غایی» ارسطو درعقاید مختلف مذهبی وتعالیم فلسفی منعکس‌شده، قرنهای متمادی دوام یافت تا اینکه درآثار راینکه Reinke (۱۸۶۷–۱۹۴۱) – Hans Adolf Eduard و دریش Driesch و دیگر پیروان معاصر ویتالیسم به‌قرن بیستم خودمان رسید .

اما نمایندگان اردوگاه ماتریالیسم درتحقیقات‌خودراجع به‌حیات ، طبعاً از این صفت ویژهٔ آن غـافل نمی‌توانستند شد . بسیاری ازآنان ، به‌پیروی از دکارت ، پدیده‌های حیاتی‌گیاهان وجانوران راصرفاً به‌منزلهٔ واکنشهای جوابی مکانیسمی باساختمان جسمی ویژه‌ای ، دربرابرتأثیر خارجی محیط ، تعریف‌کردند. دیگران سمت‌منظم متابلیسم رابه‌مثابهٔ‌خاصیت ویژه‌ای تلقی‌نمودند که موجودات زنده را از چیزهای غیرزنده متمایز می‌ساخت .

کلود برنار دراین باره نوشت :

« L'édifice organique est le siège d'un perpétuel mouvement nutritif qui ne laisse de repos à aucune partie : chacune, sans cesse ni arrêt s'alimente dans le milieu qui l'entoure, et y rejette ses dechets et ses produits. Cette renovation moleculaire est insaisissable pour le regard; mais, comme nous en voyons le début et la fin, l' entrée et la

sortie des substances, nous en concevons les phases intermédiaires, et nous nous représentons un courant de matière qui traverse incessamment l'organisme et le renouvelle dans sa substance en le maintenant dans sa forme

L'universalité d'un tel phénomène chez la plante et chez l'animal et dans toutes leurs parties, sa constance, qui ne souffre pas d'arrêt, en font un signe général de la vie, que quelques physiologistes ont employé à sa définition»[1]

انگلس نوشت : « یك كلام هست كه باید درمورد همهٔ ارگانیسمها به‌كار برده شود و آن سازش است .» او سپس تعریف خویش را دربارهٔ حیات پیش می‌كشد وچنین می‌گوید : «حیات یك طرز وجودی مواد آلبومینی است‌كه اساسیترین خصیصهٔ آن خودسازی پیوستهٔ تركیبات شیمیایی آن مواد به‌وسیلهٔ تغذیه و دفع است . »

درزمان خودمان، پرت Perret وسپس برنال J.G.Bernal

---

۱. ساختمان عضوی ، جایگاه یك حركت تغذیهٔ همیشگی است كه هیچ یك ازبخشهای آن را آرام نمی‌گذارد ؛ هرقسمت ، بی‌وقفه و بی‌درنگ ، در محیطی كه آن‌را احاطه می‌كند ، پرورش می‌یابد و فضله‌ها وساخته‌هایش‌را به‌همان‌محیط دفع‌می‌كند. این‌نوسازی‌ملكولی محسوس‌نظر نیست، اما همان‌طور كه آغاز وپایانش، دخول وخروج موادش را می‌بینیم ، می‌توانیم مراحل واسطه را تصور كنیم و برای خود جریانی از ماده را تصویر نماییم كه بی‌انقطاع از ارگانیسم گذشته ، ماده‌اش را تجدید نموده و درعین حال شكل آن را حفظ كرده است .

عمومیت چنین پدیده‌ای درگیاهان و جانوران و در تمام اجزای آنها ، و نیز ثباتشان كه هرگز دچار وقفه نمی‌شود علامت عمومی حیات است‌كه بعضی از فیزیولوژیدانان آن را درتعریف خود به‌كار برده‌اند .

کوشیدندکه زندگی را به‌عبارات زیر تعریف نمایندکه شایدبرای غیرمتخصصان تا اندازه‌ای پیچیده باشد :

«حیات سیستم باز و بالقوه ماندگاری از واکنشهای به‌هم بسته آلی است . واکنشهایی‌که بـه‌واسطهٔ کاتالیزرهای مرکب و اختصاصی و ساختهٔ خود سیستم مرحله به‌مرحله و تقریباً بـه‌طور ایزوترمیک[1] کاتالیز می گردند.»

از این‌رو ، «تضمن مقصود» عام سازمان موجودات زنده واقعیتی‌بدیهی وعینی است‌که هیچ متفکرومحقق طبیعت نمی‌تواند آن را نادیده بگیرد. درستی ونادرستی تعریف حیات‌که به‌وسیلهٔ ما ونیزعدهٔ بسیار دیگری پیشنهاد شده است، بستگی به‌این دارد که انسان اصطلاح «تضمن مقصود» راچگونه تفسیرکند وچه‌چیز را طبیعت اصلی ومنشأ آن بپندارد .

ایدئالیستها این «تضمن مقصود» رابه‌مثابه اجراشدن نقشهٔ از پیش مقدر «عقل‌کل» می‌دانند . از سوی دیگر ، ماتریالیستها این اصطلاح را(به‌علت فقدان اصطلاحی‌بهتر) به‌منزلهٔ کوتاهترین راه مشخص‌کردن سمت سازمانبندی‌تمام سیستم زنده‌به‌سوی‌صیانت ذات وخود بازسازی درشرایط محیطی معین به‌کارمی‌برند. ونیز آن‌رابرای توصیف‌تناسب ساختمان اجزای جداگانهٔ سیستم زنده باموثرترین و متوازنترین نحوه‌های اجرای آن اعمال حیاتی و ضروریی‌که هرجزء خاص ، انجام می‌دهد ، مورد استفاده قرار می‌دهند .

سازش فوق‌العاده عالی متکامل ساختمان تك‌تك اندامها با انجام اعمال عضویشان و«تضمن مقصود» عمومی‌تمام سازمان‌حیات

---

۱. واکنشهاوتغییرات واعمال‌کاتالیزری‌ایزوترم Isotherm آنهایی هستندکه در درجه حرارت ثابت صورت می‌گیرند. به‌نظر من‌کلمهٔ «همدما» معادل فارسی مناسبی برای این واژه است ـ م.

حتی با آشنایی بسیار سطحی به‌موجودات زندهٔ عالی بسیاردقیق می‌نماید. همان‌طور که قبلاخاطر نشان کردیم، و این امر درزمان قدیم هم موردتوجه بود و در «علت فعلیت غایی» ارسطو تعبیر یافته بود وتازمانی که هنوزداروین[1] دربارهٔ راه‌پیداشدن «تضمن‌مقصود»

---

۱. Charles Robert Darwin چارلز رابرت داروین (۱۸۸۲-۱۸۰۹) طبیعیدان بزرگ انگلیسی، پس از تحقیقات پرمشقت و بسیار طولانی به‌این‌نتیجه رسیدکه گیاهان وجانوران به‌مراتب بیش ازظرفیت محیط تولید مثل می‌نمایند. به‌عنوان یك مثال بارز کافی است گفته شود که یك‌بوتهٔ خردل سالیانه درحدود هفتصد وسی‌هزار دانه می‌دهد. از باروری پرثمر طبیعت جاندار این نتیجه حاصل می‌شود که میان گیاهان و جانوران برای تحصیل غذا، آب و نور (درمورد گیاهان‌سبزینه‌دار) مبارزهٔ شدیدی‌حکمفرماست که‌داروین آن‌را تنازع بقا نامید. این مبارزه به‌دوصورت مبارزهٔ درون‌نوعی ومبارزهٔ میان انواع متظاهر می‌شود. داروین همچنین ملاحظه نمود که درهیچ جا نمی‌توان دوجانوریا دوگیاه همنوع را یافت که عین یکدیگر باشند. همیشه تفاوتهایی میان افرادیك نوع دیده می‌شود. و درصورت جداشدن بعضی ازافراد یك نوع از دیگران وزندگی درشرایط محیطی‌متفاوت، این تفاوتها بیشتروقویترمی‌شوندبه‌طوری که یك صنف (Variety) نو یا زیرگونه (Subspecies) جدیـد به‌وجود می‌آیدکه ممکن‌است خود براثرتغییرات بعدی، سرانجام، نوع نوی را پدیدآورد. تغییرات پدیدآمده در افراد هرنـوع را به‌سه‌دسته می‌توان تقسیم‌کرد، اول دستهٔ تغییرات مفید برای بقای نوع. دوم دستهٔ تغییرات مضر به‌حال نـوع. سوم دستهٔ تغییراتی که برای بقایا فنای نوع بی‌اثرند. داروین عقیده داشت که از انواع گیاهی و جانوری افرادی درمبارزه برای بقا پیروز می‌گردند و درشرایط زیست‌جدیدبه‌حیات‌خودادامه‌می‌دهند که دستخوش‌تغییرات مفیدبرای بقای نوع شده باشند. وبه‌عبارت دیگرسازش کرده‌باشند وتوانسته باشندکه تغییرات مزبور را به‌نسلهای بعدی خود منتقل کنند. داروین بقای جانوران وگیاهانی راکه‌تغییرات مفیدمی‌یابند

درموجودات عالی توضیحی عقلایی ومادی به کمك انتخاب طبیعی بەدست نداده بود ، اساساً اسرارآمیز وفوق طبیعی تلقی می‌شد .

اما «تضمن مقصود» ساختمان بدن، تنها درموجودات‌دارای سازمان عالیتر متظاهر نمی‌شود ، بلکه تمام دنیای زنده را از سر تاپا ، درست تا ابتداییترین اشکال حیات را فرامی گیرد . این خاصیت لازمۀ هرجسم زنده است ، اما وقتی کالبد زنده‌ای درمیان نباشدهیچ «تضمن مقصودی» درشرایط طبیعی وجودنخواهدداشت. بنابراین بیهوده است که فقط برحسب قوانین جهان غیرآلی، یعنی برطبق قوانین فیزیك و شیمی برای آن توضیحی جستجو کنیم . «تضمن مقصود» که صفت‌مشخصۀ سازمان همۀ موجودات زنده‌است، تنهاوقتی درك تواند شد که انسان تأثیرمتقابل ویژۀ میان‌ارگانیسم و محیطش را برحسب اصل داروینی انتخاب طبیعی بداند . این قانون جدید بیولوژیك تنها برپایۀ استقرارحیات می‌توانست‌پدید آید واز این‌رو اجسام بی‌حیات غیرآلی «تضمن مقصود» ندارند. استثنای جالب توجهی که این قانون دارد، ماشین است .

کوششهایی برای ماشینی تلقی کردن ارگانیسم

البته، دراین‌مسئله نمی‌توان‌تردید کرد که هرماشینی برپایۀ این اصل ساخته می‌شود که ساختمان یا سازمان خارجی خود را با طرز اجرای وظیفۀ مخصوص و ویژه‌ای که کار آن است، وفق دهد . از این لحاظ است که مقایسۀ ماشین با ارگانیسم ، خود را

بقیۀ پاورقی ازصفحۀ قبل

و حذف شدن جانوران وگیاهانی راکــه دستخوش تغییرات مضر می‌گردند انتخاب طبیعی نامید . یکی ازکارهای برجستۀ پروفسور اپارین در زیست‌شناسی مدرن نمایاندن قلمروبیوشیمیایی انتخاب طبیعی داروین ، یعنی بررسی این قــانون درسطح ملکولی شیمی حیاتی ، وشیمی حیاتی تکاملی است ــ م.

برانسان تحمیل می کند. درطی قرون متمادی، بسیاری ازفلاسفه و دانشمندان در کوششهای خود برای حل مسئلهٔ طبیعت اصلی حیات، این مقایسه را بهمیزان وسیعی به‌کاربرده‌اند. تنها چیزی که دراین تلاشها، در دوره‌های گوناگون تکامل علم، تغییر کرده این عقیده است که کدام دسته از نکات مشترك ارگانیسم و ماشین را باید شاخصترین مشخصات حیات به‌شمارآورد. با وجود این، راه‌طرح مسئله‌وکوششی که برای‌توصیف ارگانیسم به‌مثابهٔ قسمی ماشین به‌عمل می‌آمد، اساساً بی‌تغییرماند. افکارهرعصر، بی‌شك گرایشی به‌این مسئله داردکه برحسب مبانی تکنولوژیکی همان عصربیان‌شود. ن. وینر N. Wiener درکتابش (به‌نام: سیبرنتیك یانظارت وارتباط درحیوان وماشین)[1] بسیار به‌مورد قرن هفدهم و قسمت اول قرن هیجدهم را «عصرساعت» و پایان قرن هیجدهم و تمام قرن نوزدهم را «عصر ماشین بخار» و زمان خودمان را «عصر ارتباط و نظارت» می‌نامد.

بشر درعصر ساعت، جهان را همچون ماشینی عظیم تصور می‌نمودکه یکباره و برای همیشه کوك شده باشد. مردم معتقد بودندکه حرکت مکانیکی یاجابه‌جایی اجسام درفضا طبق قوانین حرکت نیوتن‌صورت می گیرد وآن‌را پایهٔ تمام هستی‌می‌دانستند. حیات هم ازاین نظرگاه، یعنی صرفاً به‌مثابهٔ شکل ویژهٔ حرکت مکانیکی، مورد بحث واقع می‌شد. حرکت خود به‌خود جانوران و اندامهایشان درفضا می‌تواند به‌منزلهٔ روشنترین دلیل این امر باشد. بنابراین طبق عقاید آن زمان موجود زنده چیزی نیست جز یك «ماشین بسیار پیچیده‌ای‌که ساختمانش با وجود اینکه تماماً قابل درك است، جنبش‌آن مانند حرکت چرخهای ساعت

---

1. *Cybernetics or control and communication in the animal and in the machine*. New York: Wiley (1949).

آبی کاملا به‌ساختمانش و به‌فشار و تصادم‌ذرات ماده بستگی دارد» (دکارت) . از این‌رو تشریح درآن زمان ، مهمترین مقام را در بررسی حیات اشغال می‌کرد .

اما درمرحلهٔ بعدی تکامل علم، یعنی درعصر ماشین بخار، فیزیولوژی به‌میزانی وسیعتر و باز هم وسیعتری شروع به‌احراز این مقام نمود و نقش مکانیك در بـررسی حیات جـای خود را به‌انرژتیك داد .

الگوی موجود زنده دیگرساعت‌نبود؛ بلکه موتورحرارتی جایگزین‌آن شد. تشابهی که میان تنفس واحتراق مواد سوختنی توسط لاووازیه[1] مطرح شد ، گامی به‌جلو بود. غذا فقط سوختنی است‌که به‌کورهٔ ارگانیسم خود می‌ریزیم و بنابراین، تمام ارزش

---

۱ . Antoine Laurent Lavoisier آنتوان لـوران لاووازیه (۱۷۴۳- ۱۷۹۴) شیمیدان بزرگ فرانسوی باآزمایش نشان‌داد که هوا دارای مقداری اکسیژن است ؛ و وقتی‌که اجسام‌می‌سوزند با این عنصر ترکیب می‌شوند (اکسیداسیون) . و نیز ثابت‌کردکه اگر در محیط بسته‌ای‌زغال بسوزد یا جانوری تنفس‌کند ، محتوی اکسیژن‌آزاد هوا از میان می‌رود و مقدارگازی که آب آهك را کدر می‌کند ـ CO_2 ـ در هوای‌آن محیط افزایش می‌یابد .

لاووازیه بعدها به‌اتفاق لاپلاس Laplace ثابت‌کردکه اگر از تنفس یك خوکچهٔ هندی و احتراق مقداری زغال به یك‌اندازه CO_2 تولید شود؛ مقدارگرمای‌حاصل ازاین دوعمل تنفس‌واحتراق تقریباً برابر می‌شود . لاووازیه نتیجه گرفت‌که موادکربندار در بدن موجودات زنده **می‌سوزند** و بدین‌جهت این نظریه را مطرح ساخت‌که : **تنفس احتراقی است بطیء** . این نظریه سبب شد کـه دانشمندان در زمینهٔ ارتباط میان CO_2 وگرمای‌تولید شده‌تحقیقات وسیعی را شروع و دنبال نمایند و ثابت‌کنندکه قوانین فیزیك و شیمی در مورد تغییر شکل انرژی و تبادل آن در بدن موجودات زنده قابل تطبیق‌اند ـ م .

آن تنها برحسب کالری ارزیابی تواند شد . اصول راهنمای آن زمان راجع به‌حیات، دواصل بقا (Conservation of energy) وانحطاط انرژی (Degradation of energy) بودند. قانون اول ترمودینامیك، قانون بقای انرژی، هم درمورد موجودات زنده و هم دربارهٔ ماشینها قابلیت تطبیق عام یافت.

قانون دوم، موضوع پیچیده‌تری بود. قانون مزبور مبین این بود که طبیعت ازلحاظ آماری به‌بی‌نظمی، هموارشدن و بدین جهت به انحطاط انرژی در دستگاههای منفرد می‌گراید که اصطلاحاً افزایش آنتروپی[۱] نامیده می‌شود . اگر قرار می‌شد که

---

۱. Entropy (مشتق از en که پیشوندی است که معنای درون یا به درون را به‌کلمه می‌دهد وکلمهٔ یونانی Trope به معنای برگشت) . این‌کلمه را نخستین‌بار کلوسیوس Clausius (۱۸۸۸-۱۸۲۲) فیزیکدان‌آلمانی در فیزیك مصطلح ساخت .درمطبوعات علمی فارسی گاهی کلمهٔ «کهولت» را به عنوان معادل آن به‌کار برده‌اند . نسبت مقدارگرمایی‌که یك ماده جذب‌می‌کند ، به دمای مطلق آن در موقع جذب‌گرما آنتروپی نامیده می‌شود :

$$S = \int \frac{dQ}{T}$$

در این معادلهS نشانهٔ آنتروپی و dQ اختلاف میان‌دوکمیت متوالی‌گرمای متغیر جسم و T دمای مطلق جسم در موقعی است‌که آنتروپی آن محاسبه می‌شود . به‌طورکلی آنتروپی فاکتوری است ریاضی که برای تسهیل محاسبات ترمودینامیك داخل محاسبات می‌شودومبین مقدارانرژی غیرقابل‌استفادهٔ یك سیستم ترمودینامیك است. آنتروپی یك سیستم ترمودینامیك همچنین مبین درجهٔ‌اختلال آن است . تغییرات آنتروپی فقط براثر یك پروسهٔ برگشت پذیر (Reversible) یا دو طرفه قابل محاسبه است . و اما تغییرات آنتروپی‌از پروسه‌های برگشت ناپذیر (Irreversible) یایك‌طرفه واقعی‌رابا فرض‌کردن‌تغییرات برگشت‌پذیر معادلی حساب‌می‌کنند. کل آنتروپی یك سیستم مسدود ، هیچ‌گاه و در هیچ تغییری کاهش

بقیهٔ پاورقی درصفحهٔ بعد

چنین دستگاهی را در شرایط یکسان قرار دهند و آن را به‌حال خود بگذارند، آن‌وقت همهٔ پدیده‌هایی که درون آن رخ می‌دادند، بسیار زود متوقف‌می‌شدند وعمر تمام سیستم به‌سرمی‌رسید. و به‌این ترتیب دستگاه به‌حالت تغییر ناپذیری درمی‌آمد که در آن هیچ چیزروی نمی‌داد. فیزیکدانان این‌حالت را «تعادل‌ترمودینامیك» یا «بیشینه‌آنتروپی» می‌نامند.

ازسوی دیگر، در موجودات زنده نه‌تنها آنتروپی افزایش نمی‌یابد، بلکه حتی ممکن‌است‌کاهش‌یابد. به‌این‌ترتیب، می‌توان گفت‌که قانون‌اساسی فیزیك گرایش به‌بی‌نظمی‌یاافزایش آنتروپی بود وحال‌آنکه قانون اساسی بیولوژی، برعکس، میل به‌افزایش سازمانبندی یا کاهش‌آنتروپی بود . بعضی از فلاسفهٔ ایدئالیست ، مانند ه . برگسون حیات را به‌مثابهٔ «مبارزه باآنتروپی» تعریف کرده‌اند وحتی درتضاد میان فیزیك وبیولوژی درجستجوی‌دلیلی برای قبول ماهیت ماورای طبیعی حیات بوده‌اند .

اماا کنون می‌دانیم که‌این‌تضاد فقط ظاهری‌است.موجودات زنده هرگز نمی‌توانند به‌مثابهٔ دستگاههای منفرد وجود داشته باشند . همچنان‌که در بالاگفتیم، صفت مشخصهٔ موجودات زنده این است‌که به‌طور ثابت بامحیطشان تأثیر متقابل دارند وبراثر این امر باید دستگاههای «جاری» یا «باز» تلقی شوند . حالت ماندگار (و نه ساکنی) که آنها دارند ثابت نگه داشته می‌شود . این امر بدین‌علت نیست‌که دریك حالت «بیشینه‌آنترپی» هستند؛

بقیهٔ پاورقی ۱ ازصفحهٔ قبل

نمی‌یابد ؛ یا باید افزایش یابد(در پروسهٔ یك‌طرفه) یا اینکه‌ثابت بماند(درپروسهٔ دوطرفه) . اما درموردموجودات زنده که‌سیستمهایی بازاند و نمی‌توان آنها را مسدود تلقی‌کرد ، آنتروپی‌آنها نه‌تنها افزایش نمی‌یابد ،بلکه‌گاهی هم ممکن است‌کاهش یابد . بدین‌معنی که سازمان اجسام زنده در مراحل معین حیات و شرایطی خاص انتظام بیشتری می‌یابد ـ م .

یا بدین جهت که انرژی آزادشان به‌مقدار حداقل است (همان‌طور که در مورد تعادل ترمودینامیك صادق است)، بلکه به‌این سبب است که دستگاه باز، پیوسته مقدار انرژی آزادی که کاهش انرژی درون دستگاه را جبران می‌نماید، از محیط پیرامون دریافت می‌کند.

وینر براین عقیده است که قدرت عمل برضد تمایل عمومی به‌افزایش آنتروپی را نه تنها در موجودات زنده، بلکه آن را در ماشینها نیز که با جهان خارجشان از راههای ویژه تأثیر متقابل دارند، باید جستجو کرد. او بدین‌سان فکر می‌کند که ماشینها می‌توانند منطقهٔ موضعی سازمان‌یافته‌ای در پیرامون خود بسازند.

سیبرنتیك[۱]

این‌مفهوم ازمرحلهٔ سوم یاکنونی تاریخ مسئلهٔ مورد بحث، یعنی ازعصرارتباطات ونظارت که جایگزین‌عصرماشین بخارشده است، خبر می‌دهد.

او (وینر) می‌نویسد: «درمهندسی برق شکافی وجود دارد که در آلمان بـه شکاف میان تکنیك جریانهای قوی و تکنیك جریانهای ضعیف معروف است؛ و ما (درایالات متحدآمریکا و بریتانیای کبیر) آن را اختلاف میان مهندسی نیرو و ارتباطات می‌دانیم. این شکاف است که عصری راکه بـه‌تازگی سپری شده است از عصری که فعلا درآن زندگی می‌کنیم جـدا می‌کند». مهندسی ارتباطات می‌تواند جریانهایی را با هرقدرتی به‌کاربرد و می‌تواند از موتورهایی بسیارعظیم استفاده کند، اما فرق آن با مهندسی نیرو دراین است که اساساً به‌تجدیـد تولید دقیق علایم علاقمنداست، نه‌طریقهٔ استعمال انرژی.

---

۱. Cybernetics

ممکن است نزدیك به‌تمام انرژی مصرف شدهٔ یك لامپ الکترونیك به‌هدر رود و با وجود این بازهمان‌لامپ بتواندبرای انجام یك عمل ضروری دیگر بسیارمؤثر باشد. همین‌طور هم‌بازده دستگاههای عصبیمان را نمی‌توان فقط از نقطه نظر استفادهٔ عاقلانه ازمقدار نسبتاً کم‌انرژی‌ای‌که ازجریان خون به‌نرونها می‌رسد ، محاسبه نمود .

تنهاتوسط مجموعهٔ اعمال متابلیك وتعادل انرژی نیست‌که موجودات زنده به‌دنیای پیرامونشان به‌نحو مؤثری مرتبط‌اند ؛ بلکه‌آنها به‌وسیلهٔ جریان ارتباطاتشان درجهت داخل وخارج و جریان تأثرات دریافت شده و اعمال انجام شده نیز به‌محیط مربوط می‌شوند. فعالیت عالی عصبی انسان وحیوانی راکه بسیار خوب سازمان یافته وبه‌نحوعالی متمایز شده باشد می‌توان نمونهٔ بویژه روشن این بستگی به‌شمارآورد . اما وینر معتقد است‌که بین این فعالیت و کار ماشینهای خودکار و اتوماتونهای معاصر می‌توان وجوه تشابهٔ بسیار وسیعتری یافت. عناصرفتوالکتریك و گیرنده‌های نوری دیگر و دستگاههای تعیین موضع اشعه ، دستگاههای ضبط پتانسیل‌یونهای هیدروژن، دماسنجها، همهٔاقسام میکروفون وغیره، معادلهای اعضای حسی‌اند و به‌مثابهٔ ماشینهای گیرنده اطلاعات به‌کارمی‌روند. اجزای اجراکننده ماشین‌ممکن است موتورهای برق، قرقره‌های مغناطیس، وسایل گرم‌کننده، و اسباب مشابه باشند . بین مکانیسمهای‌گیرنده و اجزای اجرا کننده ماشینهایی از قبیل ماشین سریع‌العمل حساب الکترونی معاصر، گروههای عناصرواسط وجود دارندکه‌دستگاه‌تنظیم‌کننده مرکزی را تشکیل می‌دهند. این دستگاه را می‌توان با مغز جانوران یا انسان قابل قیاس دانست.

مقصود ازاین دستگاه تنظیم پیغامهای دریافتی این‌است‌که واکنش مطلوب به‌وسیلهٔ اجزای اجراکننده فراهم شود . این

ماشین تنظیم کنندهٔ مرکزی، علاوه بر آنچه از دنیای خارج بدان می‌رسد، اطلاعاتی را نیز از کارخود قسمتهای اجرا کننده دریافت می‌کند. این همان است که به‌نام «پسخوره»[1] معروف است و سبب

---

1 . Feedback . اگر میان نقاط ورودی و خروجی ، یعنی میان نقاط به اصطلاح تغذیه و بازدهٔ یك دستگاه مسیری ارتباطی برقرار شود؛ به‌طوری که قسمتی از بازدهٔ یك پروسه خواه درجهت عکس و خواه همگام (همفاز) با تغییرات تغذیه یا حالت ابتدایی با انرژی تغذیه‌ای جفت شود ، می‌گویند حالت پسخور برقرار شده است . تمام‌مسیر ارتباطی‌را «حلقه پسخور» می‌نامند. اطلاعاتی که از طریق این مسیر ازنقطهٔ بازده یا حالت نهایی به نقطهٔ‌تغذیه یا حالت ابتدایی می‌رسد «پیام پسخور» نام دارد و قسمت برگشت دهنده آن را «مسیر پسخور» می‌گویند . تأثیر پیام پسخور آن‌است که اگر تفاوتی یا «اشتباهی» دربازده یا حالت نهایی باشد کار دستگاه متناسب با میزان این تفاوت طوری تنظیم می‌شود که بازده یا حالت نهایی مطلوب به دست‌آید . چنانکه می‌دانیم سیستم‌اعصاب مرکزی همهٔ فرمانهای مربوط‌به اعمال‌حیاتی مختلف مانندانقباض و انبساط عضلات ، ترشح غدد، متابلیسم ، رشد ، تولیدمثل ،تنظیم درجهٔ حرارت، حفظ تعادل بدن به‌هنگام حرکت یاسکون نسبی، و واکنشهای بیوشیمی درون ارگانیسم وغیره را تحت تأثیر پیامهای پسخور اعضای مختلف بدن تنظیم‌وبه اعضای مربوطه صادرمی‌کند. مثلا وقتی که چشمها کم شدن فاصلهٔ شیئی را به مغز اطلاع می‌دهندیا هنگامی که دستها ، تحت‌تأثیر عوامل گوناگون ، پیامی به مغز می‌فرستند ، مغزفرمانهای حرکتی واجرائی مربوط به پیام چشمها و دستها رامتناسب با کیفیت ومیزان شدت یا ضعف اطلاعات‌رسیده صادر می‌کند . بدین ترتیب سیستم اعصاب مرکزی که دستگاه ناظم اعمال حیاتی بدن است پیوسته از وضعیت فعلی یك یك اعضای‌بدن و نیز از نتیجهٔ تأثیر متقابل محیط وارگانیسم آگاهی می‌یابد و همهٔ اعمال اعضای مختلف بدن را براساس پیامهای پسخورانده‌ای که از آنها بدان می‌رسند تصحیح و تنظیم می‌نماید .

بقیهٔ پاورقی در صفحهٔ بعد

می‌شود که اجرا یا عدم اجرای وظایف ماشین به‌وسیلهٔ خود آن گزارش شود . وینر می‌نویسد : «علاوه بر این ، اطلاعاتی که ماشین خودکار دریافت می‌کند لازم نیست که ضرورتاً یکباره به‌کاربرده شود ؛ بلکه ممکن است به‌تأخیر افتد یا ذخیره گردد تااینکه بعداً مورد استفاده واقع شود . این امرشبیه حافظه‌است. بالاخره تامدتی که ماشین باخودکاری کارمی‌کند، خود قواعد عملش براساس معلوماتی که ازگیرنده‌هایش می‌گذرند مستعد تغییراتی است ، و این تغییرات بـه‌جریان یادگیری بی‌شباهت نیست . »

بنابراین‌درگذرازعصرماشین بخار به‌عصرارتباط‌ونظارت، الگوی موجود زنده به‌ماشین الکترونی حساب تبدیل می‌شود . مطالعهٔ تغذیه جایش را به‌بررسی فیزیولوژی دستگاه مرکزی اعصاب می‌دهد و به‌عوض انرژتیك، سیبرنتیك می‌آیدکه بررسی علمی دریافت وارسال، ذخیره‌کردن، تغییرشکل دادن، واستفاده کردن از اطلاعات توسط یك دستگاه تنظیم‌کننده است؛ صرفنظر از اینکه دستگاه مزبور از فلز یا ازگوشت ساخته شده باشد ، یعنی خواه ماشین باشد، خواه ارگانیسم .

سیبرنتیك مانند هررشتهٔ جدید علمی در حال رشد بسیار

بقیهٔ پاورقی ازصفحهٔ قبل

پسخور خصیصه‌ای اساسی است که در طبیعت زنده وغیرزنده و در صنعت به‌طور خودکار عمل می‌کند و مفهوم آن در فیزیك و الکترونیك (اقسام مختلف دستگاههای کنترل خودکار ، حسابگرهای‌الکترونیك، نوسانسازهاوتقویت‌کننده‌های رادیویی، مخابرات، موشکهای هدایت شونده وغیره) وزیست‌شناسی مورد استعمال‌دارد وبه شناخت و تجزیه و تحلیل صحیح مکانیسم پروسه های تکامل طبیعت و اجتماع و نیز به روشن شدن ساختمان وحدت مادی عالم‌و سیرتکامل آن کمك می‌کند . و از اینجا قلمرو وسیع کاربردآن‌در علوم طبیعی ، جامعه شناسی ، علم اقتصاد و بالاخره فلسفه معلوم می‌شود - م .

سریع است. از این‌رو درهمین دورۀ کوتاه موجودیتش موفق شده است که هم علم و هم خصوصاً صنعت را که می کوشد حداکثر خودکاری را دراعمال تولیدی تأمین کند با افکار ودستاوردهای نو غنی سازد. به‌علاوه اکنون تازه‌ترین پیشرفتها درماشینهای خودکارو ماشینهای حساب الکترونی به‌حدی جلوافتاده‌اند که دربسیاری از موارد نتایج تجربیاتی را که بوسیلۀ آنها طرح یاانجام‌شده‌اند برای یافتن توضیحی عقلایی راجع به‌پدیده‌هایی که درجریان کارکرد دستگاه عصبی و بسیاری از اعمال دیگر رخ می‌دهند ، می‌توان مورد استفاده قرارداد . جذابیت قابل درك این موفقیتها و علاوه براین استفادۀ وسیع (اماکمتر موجه) از اصطلاحهای نروفیزیولوژی Neurophysiology وروانشناسی‌وحتی جامعه‌شناسی درسیبرنتیك، وضعیتی را اکنون بـه‌وجود آورده است که براثر آن درمـورد ماشینهایی که قادر به‌حل مسائل پیچیده ریاضی هستند ومی‌توانند این مسائل را از زبانی به‌زبانی دیگر ترجمه کنند و به‌طور کلی وظایفی را انجام دهند که معمولا کار مغز است ، موجب شده است که بسیاری ازمصنفان به‌فکر افتند که این ماشینها رازنده به‌شمار آورند . از این‌رو آنان به‌این نتیجه رسیده‌اند که سیبرنتیك را راه اساساً جدید و عام شناخت خود جوهر حیات به‌حساب آورند.

البته ، این خطاست . همان‌طور که قبلا خاطر نشان‌ساختیم ازسالهاپیش ازاین ، کوشش می‌شده است که برای ماشینها، حیات قائل شوند. تنها چیزی که اکنون تغییر کرده این عقیده است که توجه رابه چه جنبه‌ای باید معطوف ساخت . حرکت، انرژتیك، ارتباط یاخاصیت دیگری که میان ارگانیسمها و ماشینها مشترك است وبرحسب قوانین فیزیك وشیمی قابل‌توضیح است. آن محرك اصلی که‌محققان‌راوامی‌داردتاحیات‌رابه‌ماشینها نسبت بدهند، همیشه یکی است و به قرار زیر است: «تضمین مقصود» یاچیزی که‌سازمان موجودات زنده را اصولا از اشیای جهان غیرآلی جدا می‌کند.

غیر از موجودات زنده ، ماشینها تنها چیزهایی هستند که چنین «تضمن مقصودی» رادرساختمانشان نشان می‌دهند. علاوه براین، کار ماشینها تماماً برحسب قوانین فیزیك وشیمی شناخته تواند شد. ازاین‌رو این یکی دانستن موجودات زنده وماشینها را راه منحصر به‌فرد نجات علم‌ازفعلیت‌غایی‌عارفانهٔ پیروان‌اصالت‌حیات، وهمچون پلی که فیزیك وشیمی را به‌زیست‌شناسی مربوط می‌کند، دانسته‌اند .

البته ، می‌توانیم و باید بکوشیم که پایهٔ فیزیکی وشیمیایی پدیده‌های گوناگون حیاتی را باساختن و بررسی مدلهایی درك کنیم . مدلهایی که همان پدیده‌هایی را که در بدن موجودات زنده روی می‌دهند به‌شکل ساده‌ای تقلید می‌کنند . ولی هنگام انجام این کار باید همیشه به‌یاد داشته باشیم که بامدل سروکار داریم و نباید مدلها را با موجودات زنده اشتباه کنیم . ماباید همیشه تفاوتها راهم علاوه برهمانندیهای بین مدل و شیئی واقعی به‌حساب آوریم . فقط بدین‌طریق است که می‌توانیم از ساده‌سازی زیاده ازحدبسیارخطرناك واشتباهاتی‌که همواره برای بشرگران تمام شده‌اند وتنها بامساعی عظیم دانش صحیح شده‌اند ، اجتناب کنیم . ماشین الکترونی حساب هرقدرکه پیچیدگی و بغرنجی سازمانش زیاد باشد ، بازهم از لحاظ ماهیت نسبت به‌یك وجود انسانی مثلا ازساده‌ترین باکتری دورتر است؛ هرچندکه باکتری دستگاه متباین عصبی راکه ماشین با این موفقیت از آن تقلید می‌کند به‌دست نیاورده است .

بدبختانه ، این تفاوت معمولا در نوشته‌های مربوط به‌سیبرنتیك لوث شده است. این‌امرهنگامی که می‌خواهیم توجه خویش را تنها به‌قوانین عمومی ارتباطات ، نه‌سیستمهای خاص ، متمرکزکنیم شایدتاحدی موجه‌باشد. اما اگرهدف بررسیهایمان شناخت طبیعت حیات باشد ، آن وقت است که اصولا مجاز نیستیم

فرق میان ارگانیسم وماشین را نادیده بگیریم .

ارزیابی فرضیه‌های مکانیستی‌معاصر

اولین‌فرقی که میان‌ماشینهاوموجودات‌زنده به‌چشم‌می‌خورد مواد سازندهٔ دستگاههای مختلف و طبیعت واقعی آنهاست .

کسانی که به‌تئوری ماشینی‌بودن موجودات زنده معتقدند، معمولا میل دارند این اختلاف رادراین زمینه نادیده بگیرند که کار یك ماشین ضرورتاً به‌ساختمانش بستگی دارد ، نه‌ماده‌ای که ازآن ساخته شده است . یوست Jost دراین‌باره نوشته است: «یك ماشین را می‌توانیم از فولاد یابرنج بسازیم و این امر محققاً بر دوام ودقت آن تأثیرمی‌کند، نه‌برماهیت‌کاری که انجام می‌دهد». انسان حتی می‌تواند ماشینی بسازدکه نه ازفلز بلکه ازپلاستیك یا ماده آلی دیگرباشد وبدین‌سان می‌تواند ترکیب‌آن رابه‌ترکیب شیمیایی موجود زنده نزدیك سازد .

اماچنین ملاحظاتی اساساً نادرستند . این حقیقت را که موجودات زنده به‌گفته انگلس « اجسام آلبومینی » هستند و در ترکیب خود دارای پروتئینها ، اسیدهای نوکلئیك ، لیپیدها ، هیدراتهای‌کربن ویژه ، ودیگر ترکیبات‌آلی گوناگون‌اند ، ــ به‌هیچ‌وجه نباید وضعی تصادفی‌که تنها دارای اهمیت جزئی است تلقی‌کرد . ترکیب شیمیایی جسم زنــده همان عامل تعیین‌کنندهٔ خصلت جریـانی آن است . مخصوصاً فقط بـا شناخت مشخصات فوق‌العاده ویژهٔ ساختمان پرتئینهاست‌که می‌توانیم علل بلافصل و اساسی توالیهای معین تك تك واکنشهای متابلیسم ، یعنی تطابق زمانی‌آنها را بفهمیم .

هرماده‌آلی‌دربدن موجودزنده می‌تواند به‌راههای متفاوت و بسیار زیاد واکنش نشان دهد وامکانات شیمیایی بسیار عظیمی

را در بر گیرد. ولی‌درخارج ازموجودزنده موجودی فوق‌العاده «تنبل» است یا در بهره‌برداری ازاین امکانات کند است. امامواد آلی در درون موجود زنده متحمل تغییرات شیمیایی فوق‌العاده سریع می‌شوند. این امر براثر خواص‌کاتـالیزری پرتئینهاست. اگر قرار باشد که ماده‌ای آلی نقش واقعی خود را در متابلیسم ایفا کند، بـاید در ترکیب شیمیایی بـا یك آنزیم پرتئینی Proteine - Enzyme وارد شود وباآن ترکیبی‌مخصوص وبسیار فعال وواسط تشکیل‌دهد. اگرچنین نکند، استعدادهای‌شیمیاییش آنچنان از قوه بفعل در می‌آیند که در پروسهٔ جریان یابندهٔ سریع حیات ناچیز می‌شوند.

هرآنزیم[1]، بواسطهٔ ویژگی فوق‌العاده‌اش‌فقط بایك‌مادهٔ

---

۱ . Enzyme ، آنزیم به یك دستهٔ بزرگ از مواد پرتئینی اطلاق می‌شود که دربدن موجودزنده تولید می‌شوند و درواکنشهای بیوشیمیایی درون موجودات زنده، نقش‌کاتالیزرهای بسیار قوی‌را ایفا می‌کنند. تأثیرآنزیمها اختصاصی‌است و هرآنزیم فقط بریك ماده‌خاص به نام زیر نهاده Substrate مؤثر است. به دیگر سخن هرآنزیم‌گویی به‌کلیدی می‌ماندکه فقط به‌یك نوع قفل می‌خورد. مکانیسم تأثیر آنزیمها هنوز به دقت کامل معلوم نشده است و در مورد تعریف‌آنزیم نیز اختلاف نظر وجود دارد. زیرا عده‌ای از بیوشیمیستها عقیده دارندکه بعضی از آنزیمها از مواد پروتئینی نیستند.

گفته می‌شودکه قسمتهای معینی از «ملکول» آنزیم به نـام «مراکزفعال» باملکول ماده زیرنهاده‌طوری‌ترکیب یاجفت‌می‌شوند که زیرنهاده آن بسیار سریعتراز‌موقعی‌که تحت تأثیرآنزیم‌نباشد، تغییر می‌کند و درعین‌حال خود آنزیم تغییر نیافته باقی می‌ماند. بسیاری از آنزیمها برای انجام عمل آنزیمی خود به مواد کمکی غیر پروتئینی به نام‌کوآنزیم (Coenzyme) احتیاج دارند. و بعضی هم در شرایط خاصی (درجه حرارت و pH معین) حداکثر

بقیهٔ پاورقی درصفحهٔ بعد

خاص (زیر نهاده آن)[۱] ترکیبات واسط را می‌سازد و تنها واکنشهای خاص جداً معینی را کاتالیز می کند. بنابراین سرعت این واکنشها درداخل موجود زنده ممکن است به‌میزان زیادی تغییر کند و این امردر وهلهٔ اول بـه‌وجود یك سلسله آنـزیم وهمچنین به‌فعالیت کاتالیزری آنها بستگی دارد. فعالیت کاتالیزری ممکن است بر اثر اوضاع فیزیکی وشیمیایی محیط داخلی و نیز به‌واسطهٔ تأثیر محیط خارجی بسیار تغییر کند. این نـوع رابطهٔ متغیر میان سرعتهای تك‌تك واکنشهای بیوشیمی، درحقیقت لازمهٔ توالیها و هماهنگی معین این واکنشها درتمام شبکهٔ بغرنج متابلیسم است.

این نوع سازمان حیات‌را می‌توان به‌طریقی باسازمان یك اثر موسیقی، مانند یك سمفونی، مقایسه کرد که موجودیت واقعی آن به‌توالیها وهماهنگیهای معین تك‌تك صداها بستگی‌دارد و کافی است که این توالی برهم بخورد تا درنتیجهٔ آن سمفونی مذکور خراب شود وناهماهنگی و بی‌نظمی‌جای آن‌را بگیرد.

به‌همین طریق، سازمان حیات اساساً به توالی منظمی از واکنشهای متابلیك بستگی دارد و شکل و ساختمان اجسام زنده طبیعتاً جاری است. بدین دلیل موجودات زنده فقط تـا زمانی می‌توانندزنده باقی‌بمانندکه استحاله‌های شیمیایی تشکیل دهندهٔ

بقیهٔ پاورقی ازصفحهٔ قبل

تأثیر را دارا می‌شوند. آنزیمها رامعمولا با اضافه کردن یك‌پسوند (ase -) به ریشهٔ اسم مادهٔ زیر نهاده (مانند مالتاز Maltase یا نام عملی که انجام‌می‌دهند (مانند دهیدروژناز Dehydrogenase) نامگذاری می‌کنند. البته بعضی از آنزیمها نام قدیمی خود را حفظ کرده‌اند ونامگذاری آنها بیقاعده است(مانند پپسین، تریپسین، پتیالین و غیره ـ م.

۱. Substrate، از پیشوند - Sub که معنای «زیر» را به‌کلمه می‌دهد وکلمهٔ یونانی Sternere به معنای «پاشیدن» مشتق شده است. بدین‌جهت کلمهٔ «زیر نهاده» به‌عنوان معادل آن انتخاب شده است ـ م.

جوهر زندگی آنها که وقفه‌شان به گسیختگی سیستم زنده و مرگ ارگانیسم منجر می‌شود ، پیوسته صورت گیرند .

برخلاف سازمان حیات ، ساختمان اساسی ماشین ساکن است . هنگامی که ماشین کار می‌کند، منبع انرژی یا سوخت آن متحمل تغییر شیمیایی می‌شود . درصورتی که ساختمان اصلی آن ، خواه از فلز باشد وخواه از پلاستیك، ازلحاظ مواد بدون تغییر باقی‌می‌ماند وهرچه کمتر تغییریابد (مثلا براثر پوسیدگی)ماشین اصلی دوام بیشتری می‌یابد.

ازاین‌رو ، اصل واقعی ثبات که موجب بقای ارگانیسم و ماشین برای مدتی دراز می‌گردد در مـورد هرکدامشان نسبت به‌دیگری فرق می‌کند . بنابراین همانندیهای آنها که در بالا برشمرده شد، فقط بسیارسطحی است واگر بادقت بیشتری بررسی گردد ، معلوم می‌شود که کاملا صوری است .

ما می‌توانیم این امر را در مورد حرکت خاص مکانیکی ارگانیسم نشان دهیم. درعضلات حیوان که این حرکت را انجام می‌دهند ، تارهای پرتئینی به‌طریقی مخصوص نسبت به‌یکدیگر قرار می‌گیرند . اما ، چنین ساختمانی را به‌هیچ وجه نمی‌توان به‌ساختمان ماشین ماننددانست . دریك ماشین ، عناصرساختمانی هیچ نقشی‌دراستحالهٔ شیمیایی مواد انرژیزا ایفا نمی‌کنند. اگر قرارمی‌شد که خوداجزای ترکیبی ماشین‌ضمن‌کار متحمل استحاله شیمیایی گردند، این امر، البته منجر به‌خرابی سریع‌تمام‌ماشین می‌گردید. برعکس، عناصرساختمانی جسم زنده که دراین‌مورد تارهـای پرتئینی هستند ، خود در واکنشهای متابلیسم مستقیماً شرکت می‌کنند واین واکنشها منبع انرژیی است کـه به‌حرکت مکانیکی تغییر شکل می‌یـابد . عین همین مسئله در مورد مقایسهٔ ارگانیسمها با موتورهای حرارتی ازلحاظ انرژتیك نیزصـادق

است. ما اکنون می‌دانیم که همانندی تنفس واحتراق بسیارصوری است. در احتراق تفوق انرژی تحریك واکنش، که برای انجام واکنشهای اکسیداسیون ضرور است، با بالا بردن قابل ملاحظهٔ درجهٔ حرارت صورت می‌گیرد، در صورتی‌که در مورد تنفس نیازی به‌این نیست. تنفس مبتنی بر کاهش آنزیمی انرژی تحریك واکنش است .

اگردر ارگانیسمها تغییرشکل انرژی به‌همان طریق‌صورت می‌گرفت که در موتورهای حرارتی رخ مـی‌دهد ، آن‌وقت در درجـات حرارتی که موجودات می‌توانند زنده بمانند ، ضریب فعالیت مفید شان به برخهٔ ناچیزی از یك درصد تنزل می‌کرد . ضریب فعالیت مفید موجودات زنده، درحقیقت، به‌نحوشگفتاوری بالاست و به‌میزان قابل‌ملاحظه‌ای بالاتر ازآن‌است که درموتورهای حرارتی امروز به‌دست می‌آید . تـوضیح این امر این است که اکسیداسیون قند، یا هرسوخت تنفسی‌دیگر، با یك‌کنش‌شیمیایی واحد صـورت نمی‌گیرد ، بلکه تـوسط یك سلسله واکنشهای جدا از هم عملی می‌گردد که نظم وترتیب زمانی خاصی دارند .

اگر اکسیداسیون موادآلـی در ارگانیسم یکباره صورت می‌گرفت ،آن‌وقت جسم‌زنده ازتمام انرژیی‌که بدین‌طریق آزاد می‌گردید وبـویژه اگر به‌صورت‌گرما رها می‌شد ، نمی‌توانست استفادهٔ عاقلانه‌ای بکند . در اکسیداسیون تنها یك ملکول‌گرم قند (۱۸۰ گرم)، درحدود هفتصدکیلوگالری‌گرما آزادمی‌شود. آزاد شدن این مقدار انرژی اگر آنی‌صورت بگیرد با بالارفتن سریع درجـهٔ حرارت ، تقلیب[1] پرتئینها ، و انهدام جسم زنده

---

1 . Protein denaturation . تقلیب پرتئین عبارت از تغییراتی است که به وسیلهٔ حرارت دادن و حل‌کردن در اسیدها یا بازها ، اشعه X ، اشعه ماوراء بنفش ، اشعه مرئی ، به همراهی یك

بقیهٔ پاورقی درصفحهٔ بعد

همراه می‌شود. همین‌مقدارانرژی که درشرایط‌عادی‌درجهٔ حرارت پایین به وسیلهٔ ارگانیسم فراهم می‌شود ، به‌این واقعیت بستگی دارد که قند در جریان عمل اکسیداسیوان حیاتی خود نه به‌طور ناگهانی، بلکه‌آهسته ومرحله به‌مرحله به‌دی‌اکسیدکربن(CO_2) تبدیل شود. یك‌چنین‌پروسه‌ای نه‌تنها امکان غلبه‌برانرژی‌محرکه رادردرجهٔ حرارت معمولی موجب می‌شود ، بلکه همچنین جسم زنده را قادر می‌سازدکه از انـرژیی‌که به‌تدریج آزاد می‌شود ، عاقلانه استفاده کند . ازاین‌رو هرچه متابلیسم ، سازمان‌عالیتری داشته‌باشد ، یعنی‌هرچه هماهنگی میان تك‌تك واکنشهای تشکیل دهندهٔ آن بهتر باشد ، ضریب فعالیت مفیدآن بیشتراست .

اصل ارزیابی مواد غذایی تنها برحسب محتوی‌کالریشان، درکار برد عملیش به‌دشواریهای بسیاری منجرگردید . این اصل فقط باتحمل مشکلات زیاد، درنتیجهٔ مطالعات راجع به‌ویتامینها واسیدهای امینه لازم ونیز براثر تحقیقات علمی به‌دورافکنده‌شد. تحقیقاتی‌که نشان داده است‌که در مـوجودات زنـده برخلاف موتورهای حرارتی نه‌تنها اکسیداسیون مواد انـرژیزا ، بلکه همچنین استحالهٔ ساختمانهای پـرتئینی اصلی جسم زنده روی می‌دهد . ساختمانهای پرتئینی مزبور در جریان تأثیر متقابل عمومی ارگانیسم ومحیط خارجیش تجزیه می‌شوند وازنوترکیب می‌گردند .

سرانجام باید خاطرنشان ساخت‌کـه راههای « غلبه بـر آنتروپی» که توسط ارگانیسمها ومکانیسمهای معاصر یا ماشینهای خودکار اتخاذ می‌شوند، ازلحاظ اصول‌نیز بایکدیگرفرق‌دارند.

بقیهٔ پاورقی ازصفحهٔ قبل

فتوسنتزکننده و تکان شدید در ساختمان ملکولی مادهٔ پـرتئینی ایجاد می‌شود . این تغییرات شامل انعقاد وغیرقابل حل‌شدن‌پرتئین تقلیب شده در حلال قبلی خود ، و نیز تغییر خواص شیمیایی آن نیز هست ـ م .

همان‌طور که در بالا نشان دادیم ، ارگانیسمها تنها بدین علت که سیستمهای بازیاجاری‌اند، موفق به‌اجتناب‌از«تعادل‌ترمودینامیك» می‌شوند. مطالعات‌اخیر نشان داده‌است که ترمودینامیك این گونه سیستمها ، با ترمودینامیك کلاسیك که مبتنی بر پدیده‌های مشهود در دستگاههای مسدود است ، اساساً فـرق دارد . ترمودینامیك سیستمهای مزبور دربارهٔ اینکه چراآنتروپی‌درارگانیسمهانه‌تنها افزایش نمی‌یابد، بلکه حتی‌کاهش می‌یابد، توضیحی کاملا منطقی به ما می‌دهد .

طبق‌نظریهٔ وینر، اساس‌توانایی‌ماشینهای‌خودکارسیبرنتیك معاصر برای‌مقابله باافزایش‌انتروپی، و برای‌ایجادمناطق‌سازمان یافته‌ای درپیرامونشان، اصل متفاوت دیگری را ایجاد می کند. وینر برای توضیح این توانایی همان اندیشه‌ای را به‌کارمی گیرد که ماکسول[1] به‌صورت شیطانهای خود به‌کار گرفته بود. اما این « شیطان ماکسول » بنا بـرعقاید امـروزی مجبور است پیوسته «اطلاعاتی» کسب کندکه برطبق‌آنها درها را به‌روی ملکولهایی که دارای جنبش زیاد یاکم‌هستندباز یابسته‌کنند. این‌آرزوی‌یکی دانستن ارگانیسم باماشین، بسیاری ازدانشمندان را سالهابرآن داشت که همهٔ شواهد واقعی روزافزون را نادیده بگیرند و درپی بعضی از ساختمانهای سخت ، تغییر ناپذیر و ساکن بگردند ، تا بتوانند خود این ساختمانها را حاملهای ویژهٔ حیات تلقی‌کنند .

در پایان قرن گذشته ، این عقیده به‌میزان وسیعی میان زیست‌شناسان طرفدار داشت که سازمان پرتوپلاسم مبتنی برو‌جود ساختمان ماشین مانندی است و‌این‌ساختمان از«تیرها وحایلهای» جامد وتغییر ناپذیر ساخته شده است. تصور می‌رفت، تنها چیزی که ما را از دیدن این ساختمان بازمی‌دارد نقص روشهای بصری ماست .

---

۱. James Clerk Maxwell (۱۸۳۱ - ۱۸۷۹).

اما ، با بسط این شیوه‌ها ، جستجوی ساختمانهای ساکن «تعیین‌کننده‌حیات» ابتدا به‌قلمروصورتبندیهای شیمیایی‌کلوئیدی و سپس بـه‌حیطهٔ ساختمان داخل ملکولـی (Intramolecular structure)معطوف شد . بدین طریق این فکر پدید آمد که حاملهای مادی حیات رادرتك‌تك ملکولهای ماده ارثی بایدیافت که‌دارای‌ساختمانی‌ساکن‌وتغییر ناپذیر ندو بخشی از کروموزمهای هسته را تشکیل می‌دهند. این فکر به‌عقاید مورگان و پیروانش دربـارهٔ طبیعت ژندار حیات مربوط می‌شود . طبق عقیدهٔ مولر Hermonn J. Muller «ملکول زندهٔ ژن» فقط می‌تواندتصادفاً تغییریابد . اما اساساً آنچنان ساکن است‌که ساختمان داخلی و تعیین‌کنندهٔ حیات خود را درطول تمام مدت تکامل‌حیات برروی زمین بی‌تغییر نگه داشته است . این مفهوم مورگانـی پیروان اصـالت ژن در کتاب معروف « حیات چیست ؟ » شرودینگـر Schrodinger کاملا انعکاس یافته است. شرودینگر عقیده‌داشت‌که کلید شناخت حیات در این واقعیت نهفته‌است که تنها ساختمان طبیعی واختصاصی حیات ، یعنی ژن ، «چنان پایدار وثابت‌است که معجزه‌آمیز می‌نماید» . این‌ساختمان چنان تغییرناپذیراست که‌گویی منجمد است . بنابراین ، طبق‌نظر شرودینگر، سازمان حیات برپایهٔ اصل «مکانیسم ساعت» بناشده است‌که ساختمان آن در حرارت معمولی اتاق و نیز در صفر مطلق پایدار می‌ماند . شرودینگر درمبحث نتیجه‌اش می‌نویسد: «اکنون فکر می‌کنم‌که برای آشکار ساختن وجه تشابهٔ مکانیسم ساعت و ارگانیسم، چند کلمهٔ دیگر لازم باشد . فقط وفقط ارگانیسم است‌که ساختمان‌آن نیز به‌ماده‌ای جامد لولاشده است‌که بلورغیرمنتظمی است ومادهٔ ارثی را تشکیل می‌دهد و به‌میزان زیـادی از بی‌نظمی حرکت حرارتی به‌دور است .»

تنها چیز تازه‌ای‌که تاکنون به‌تئوری ژن‌افزوده شده است

تلاش به‌خاطر این است که به‌ایده قبلی و نسبتاً مبهم ملکول ژن یك واقعیت شیمیایی‌داده‌شود؛ بدین‌صورت که ملکول زنده ممکن است ذره‌ای از نوکلئوپرتئین هسته، یا طبق تازه‌ترین شواهد، فقط ملکول اسیددزاکسی ریبونوکلئیك (DNA)[۱] باشد. بدین‌ترتیب، چنین می‌نماید که همهٔ چیزهای دیگر درون سلول‌را باید فقط ملأ ملکول زنده تلقی کرد.

ازاین نظرگاه قدرت خود باز سازیی که صفت ویژهٔ موجودات زنده است تنها برساختمان داخلی‌ملکول سخت معین و ثابتی‌چون اسید دزاکسی ریبونوکلئیك (DNA) و به‌ترتیب خاصی به‌باقی‌مانده‌های مونونوکلئوتیدپورینی پیریمیدینی[۲] رشتهٔ پلی‌ـ

---

۱. Desoxyribonucleic acid یا Deoxyribonucleic a. پلی - نوکلئوتیدهایی با وزن ملکولی زیادند. ساختمان‌ملکولهای DNA را به‌نردبان طنابی مارپیچی تشبیه‌کرده‌اند که کناره‌های آن یعنی‌دو طناب مارپیچ آن از فسفات ـ قند است؛ و قند مزبور برای هریك نوکلئوتیدآن «۲ ـ داکسی ـ د ـ ریبوز» 2-Deoxy-D-Ribose است. پله‌ها از بازهای نیتروژندار پورین و پیریمیدین متصل به‌هم تشکیل می‌شوند. شکل‌صفحه ۸۶ طرحی است که کریك Crick و واتسن Watson در سال ۱۹۵۳ برای ساختمان DNA پیشنهاد کرده‌اند. دراین‌شکل خط قائم محورفرضی‌است. دو رشتهٔ مارپیچ همان دورشتهٔ فسفات- قنداست وخطوط افقی درونی‌مبین بازهای نوکلئوتید است. DNA درهستهٔ سلولها و نیز در ترکیب‌ساختمانی ویروسهاوجود دارد. DNA ترکیب عمدهٔ کروموزومهاست و ازلحاظ وراثت در بیولوژی اهمیت خارق‌العاده‌ای یافته است ـ م.

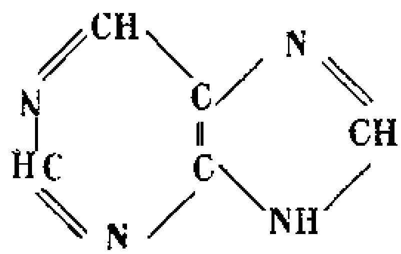
۲. Purine pyrimidine mononucleotide مونونوکلئوتید، واحدی ساختمانی یا مونومری Monomer از ملکول درشت پلی نوکلئوتیدها Polynucleotides است. نوکلئوتید نوعی از ترکیبات بسیار مهم است که در همهٔ اجسام زنده یافته می‌شود. در سلولها به حالت آزاد و به صورت آدنوزین‌تری فسفات

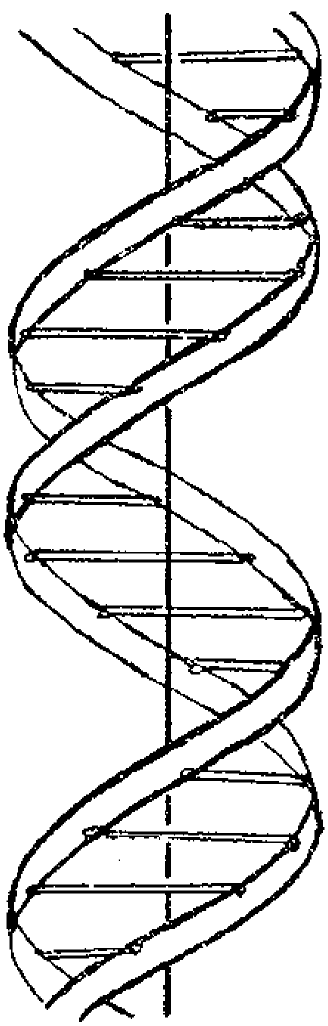
بقیهٔ پاورقی درصفحهٔ بعد

نوکلئوتیدی مبتنی است . این‌ترتیب، به‌اصطلاح سیبرنتیك کدی Code را نشان‌می‌دهد که‌در آن‌تمام‌مجموعهٔ‌مشخصات ویژهٔ‌جسم‌زنده

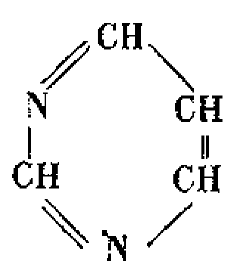
بقیهٔ پاورقی از صفحهٔ قبل

Adenosine triphosphate وجود دارد؛ و نیز قسمتی‌از ترکیب ساختمانی کوآنزیمها Coenzymes و جزئی‌از رشتهٔ‌پلی‌نوکلئوتید اسیدهای نوکلئیك را تشکیل می‌دهد . مونونوکلئوتید شامل یك بازنیتروژنی (که معمولا پورین یا پیریمیدین است) ، یك قند پنتوزویك گروه‌اتمی‌فسفات است. ولی پورینها یك‌دسته ازموادآلی مشتق از اسید اوریك هستند که در رأسشان پورین قرار دارد ؛ به‌فرمول زیر:





مهمترین بازهای‌پورین عبارتند از آدنین Adenine و گوانین Guanine، در مورد پیریمیدینها باید گفت که‌یك دسته ازمواد هتروسیکلیك Heterocyclic هستند که‌پیریمیدین سر دستهٔ آنهاست ؛ به فرمول :



مهمترین بازهای‌پیریمیدین‌عبارتند از سیتوزین Cytosine، تیمین Thymine و اوراسیل Uracil – م .

جمع شده‌است. ازاین‌قرار، انتقال «اطلاعات‌وراثتی» رامی‌توان به‌مثابهٔ چیزی همچون کاریك‌ماشین باسمه‌زنی تصورکرد که درآن ملکول DNA معرف‌قالبی‌است که‌همیشه‌ساختمان‌متحدالشکل‌واحدی را تجدیدتولید می‌کند. چنین فرضیه‌هایی‌برای بازیگران اصلی تئوری‌ماشینی‌حیات‌بسیارهیجان‌انگیزند وازاین‌رو موردپشتیبانی بسیاروسیع‌زیست‌شناسان وفیزیکدانان معاصرواقع‌می‌شوند. مااین مطلب‌را درجریان توضیحهای بعدی‌به‌تفصیل‌بررسی خواهیم‌کرد. اکنون لازم‌است که‌دربارهٔ‌وضع کنونی مسئله‌اظهارنظرشود. هرچه بررسیهای بیوشیمی دربارهٔ خودبازسازی‌موجودات‌زنده به‌واقعیت نزدیکترشود، بیشترمعلوم‌خواهدگردید که‌این پروسه‌تنها به‌این یاآن‌ماده‌خاص یاملکول منحصربه‌فرد محدود نیست؛ بلکه توسط تمام‌دستگاه سازمانی‌جسم‌زنده‌تعیین می‌شود که همان‌طورکه‌دیدیم، طبیعتی‌جاری دارد و به‌هیچ‌وجه نبایدآن‌را باماشین باسمه‌زنی‌که قالبی‌تغییرناپذیر دارد، مقایسه‌کرد. چارگاف کـه هنگام صحبت راجع‌به‌این موضوع، درچهارمین کنگره بین‌المللی شیمی، گفت: «حتی‌امکان دارد که بیشتر باقالبهای زمانی سروکارداشته باشیم تا مکانی» منظورش ازاین‌گفته این‌بودکه پروسه‌ها بانظـم و ترتیب معینی درموجود زنده رخ می‌دهند. به‌هرحال، اگر پدیده‌هایی راکه درموجودات‌زنده اتفاق می‌افتند وآنهایی‌راکه درماشین‌رخ می‌دهند به‌طورصوری مقایسه‌نکنیم و بکوشیم تابفهمیم که‌واقعاً‌این دو به‌چه می‌مانند، نه‌تنها همانندی، بلکـه همچنین فرقی‌فاحش میان این دونوع سیستم‌خواهیم یافت. این اختلاف تصادف صرف نیست؛ بلکه خودجوهر سازمان‌آنها را تشکیل می‌دهد.

این‌امر، دروهلهٔ‌اول‌مربوط به‌این‌واقعیت است که«مقصود» الهام‌بخش انسان به‌ایجادماشینی‌که‌برایش ضرورت دارد، باوظیفهٔ حفظ‌ذات وخودبازسازیی‌که ارگانیسم موجودات زنده را تعیین می‌کند، هیچ‌وجه مشترکی‌ندارد. منظور ازساختن یك‌ساعت، یك

لکوموتیو بخار، یك وسیلهٔ ضد حملات هوایی ، عبارت از اعلام صحیح وقت، انتقال مردم‌واجناس وساقط کردن‌هواپیماهای‌دشمن است. ما بر اثر شیوه‌های تفکر وعادتهای تکنیکی فعلی‌خود که در طی‌قرنهای‌بسیار تکامل یافته‌است ، این‌راه‌حل را به‌مراتب‌آسانتر یافته‌ایم که مسائل مزبور را منطقاً با ساختن ساختمانهای ساکن فلزی یا پلاستیك جامد حل کنیم واین‌کاری است که در واقع امر انجام می‌دهیم .

بدین طریق‌اصول واقعی ساختمان هرماشین‌موجودکنونی شخصیت سازنده‌آن‌را، سطح شعور وصنعت وی‌را، مقاصد اورا، و بالاخره روشهایش را درحل مسائلی‌که باآنها مواجه شده است، منعکس می کند .

این‌امر همچنین‌درموردهٔاسباب بازیهای سیبرنتیك» کنونی که مقصوداصلی ازساختن‌آنهـا فقط‌تقلید موجودات زنده است ، کاملا صدق مـی‌کند . بازیچه‌هایی نظیر «لاك‌پشت» گری‌والتر ، «موش» شانون ، «روباه» دوکروگ ، و « هومئوستات » اشبی ، ساخته‌هایی است‌که گری والتر آنها را به طنز به « ماشینهایی که به درد هیچ مقصود مفیدی نمی‌خورند» توصیف‌کرده است و ساختمان همهٔ آنها ضرورتاً حامل تقدیری است کـه سازنده‌شان طرح‌کرده بود . و پ. کوساکاملا حق‌داشت‌که درکتابش به‌نام سیبرنتیك (پاریس ، ۱۹۵۷) مطالب زیر را بنویسد:

«آنچه ذاتی‌موجود زنده است (سازش)، صرفاًوسیله نیست بلکه خود مقصود است: حفظ‌حیات ، ابقای وجود به‌کمك سازش بامحیط . درهومئوستات چنین‌چیزی وجود ندارد . هومئوستات هیچ مقصود ذاتی غایی ندارد . اگر موجود زنده‌ای‌که تعادلش به‌هم‌خورده است، همهٔ وسایل‌ممکن‌را برای سازش خود با محیط جدید یکی پس‌ازدیگری وبااستقامت می‌آزماید ، برای‌این است که می‌خواهد زنده‌بماند. ولی اگر هومئوستات تعداد۳۹۰۶۲۵

ترکیب خود را یکی پس ازدیگری می‌آزماید ، تنها بدین علت است که اشبی ازآن خواسته است.»

البته ماشینهای آینده راکه بادقت بسیارازموجودات زنده تقلید خواهندکرد، می‌توان تصور نمود ـ ماشینهایی که به‌صورت دستگاههای جاری‌طرح‌ریزی خواهند شد و درآنها ازانرژی‌در طی مراحل سهل وساده استفاده خواهد شد وحتی ممکن‌است‌قادر به خودبازسازی‌وغیره گردند. باوجود این ، سازمان‌این‌ماشینها بازهم وظیفهٔ خاصی راکه خود سازندگانشان طـرح کرده‌اند ، منعکس‌خواهند ساخت. ماشینهای مزبور همیشه دارای‌نشانه‌هایی از منشأهای خود خواهند بود .

اگرمسئلهٔ منشأ سیستمهای منفرد را مورد توجه‌قراردهیم، باوضوح خاصی‌معلوم می‌شودکه میان ماشینهـا وموجودات زنده اختلاف اصولی‌غیرقابل رفعی وجود دارد. می‌دانیم‌که یك ماشین که ساختمانش ازلحاظ سازمان عمومی بااجرای وظایف‌ویژه‌ای تطبیق داده شده است، ابتدا به‌ذهن‌آفریننده‌اش ، اما نه به‌مثابهٔ یك دستگاه فیزیکی واقعی ، می‌رسد . این فکـرسپس به‌صورت نقشه‌ها و طرحهایـی بیان می‌شود . این طرحها ، معمولا اساس ساختمان‌تك‌تك‌اجزای ترکیبی راطبق مشخصات ویژه‌شان‌تشکیل می‌دهند . ایـن اجزا سپس روی‌هم سوارمی‌شوند ، وفقط دراین مرحله است‌که ماشین به‌مثابهٔ یك شیٔ فیزیکی ظاهر می‌شود .

بنابراین ، طریقهٔ پدیدآمدن ماشین کاملا روشن‌است. اما اگر بخواهیم مسئله موجودات زنده را از روی مشابهت آنها با همین ماشینها حل‌کنیم، منطقاً ، به‌طور اجتناب نـاپذیری به‌یك نتیجهٔ ایدئالیستی خواهیم رسید.

کتاب شرودینگر که قبلاازآن یادشد می‌تواند دراین‌باره، به عنوان مثالی‌خوب مورداستفاده واقع شود. مؤلف درآن‌ازنظر-

گاه فیزیك ، یعنی بریك پایهٔ مادی خالص به‌شناخت حیات پرداخته است. باوجوداین درمبحث نتیجه ، مجبور شده است که حیات را چنین توصیف کند : «عالیترین شاهکاری که تاکنون بر طبق مکانیك کوانتوم[۱] الهی حاصل‌شده است». یعنی واضح بگوییم ، او منشاء الهی حیات را پذیرفته است .

میان این نتیجه گیری وتلاشهای‌دیگری که برای‌حل‌مسئلهٔ حیات براساس فرضیه‌های مکانیستی خالص درمورد طبیعت ژنتیك آن به‌عمل‌آمده‌است (مثلا، فرضیه‌های ا. دوویلیه A.Dauvillier گ. بلوم G.Blum و ل. روکا L.Roka و دیگران) اختلاف در شکل‌وجود دارد نه درمحتوی. اصولاهمهٔ این‌تلاشها به‌یك توضیح می‌رسند. درمحلول ابتدایی ولی بی‌حیات‌ماده آلی، ذرات پرتئین،

---

۱ . Quantum mechanics مکانیك کوانتوم بخشی از فیزیك است که در اوایل قرن جاری برای بررسی حرکت ذرات بسیار خرد (مانند الکترونها و ذرات هسته‌واتمها) تکوین یافت وجای مکانیك کلاسیك‌نیوتونی رادر قلمروحرکت ذره‌ای گرفت. براساس تئوری‌کوانتوم اصدار یا جذب انرژی توسط اتمها یا ملکولها ، پروسه‌ای انفصالی است نه‌اتصالی ، یعنی مرحله به مرحله صورت می‌گیرد و هرمرحله متضمن اصدار یا جذب مقداری انرژی‌به‌نام کوانتوم Quantum انرژی است. ماکس پلانك Max Planck (۱۸۵۸ ـ ۱۹۴۷) فیزیکدان و تئوریسین‌آلمانی ، این پدیده را در سال ۱۹۰۰ کشف کرد و نخستین سنگهای بنای مکانیك کوانتوم رابنیاد نهاد. بعدها لویی دوبروی Louis de Broglie، شرودینگر ، و هایزنبرگ Heisenberg مکانیك کوانتوم را به‌صورت یك علم سیستماتیك درآوردند . از مهمترین ویژگیهای اساسی مکانیك کوانتوم دوگانگی موجی‌ـذره‌ای حرکت اجسام بسیارخرد و اصل‌عدم‌تعیین هایزنبرگ (اصلی که می‌گویدنمی‌توان سرعت وموقعیت یك‌ذره رادرآن واحد دقیقاً تعیین‌کرد) است ـ م.

اسید نوکلئیک[۱] یا نوکلئوپرتئین به‌نحوی از انحاء پدید آمدند و اینها از ابتدای پدید آمدنشان ساختمانی داخل ملکولی داشتند که با انجام عمل خود بازسازی وسایر اعمال حیاتی سازگاری بسیاری داشت. «مادهٔ زندهٔ ابتدایی» بدین‌سان پدید آمد و بعدها تکامل یافت اما ضرورت نداشت که ساختمان «متضمن مقصود» و تعیین کنندهٔ حیات از ابتدا همان بوده باشد که امروز هست. از این‌رو این سؤال پیش می‌آید که درزمینهٔ منشأ ساختمان داخل ملکولی که به‌انجام اعمال ویژه‌ای سازگار است، چه‌قوانینی قرار دارند. آهن می‌تواند به‌صورت ابتدایی درحالت معدنی وجود داشته‌باشد، وممکن است که درشرایطی دیگر به‌صورت کلوخه‌های بی‌شکلی درآید. اما، همان‌طورکه ارسطو نوشت ، حتی یك شمشیرهم نمی‌تواند بدون دخالت انسان‌پدیدآید . زیرا ساختمان آن برای اجرای مقصودخاصی مناسب است. به‌همین‌طریق هم (همان‌طور که بعداً خواهیم دید) قوانین فیزیك و شیمی کـه‌تنها قوانین‌حاکم برآب اقیانوس نخستین بودند ، برای تشکیل مقدماتی پلیمر[۲]های شبه

۱ . Nucleic acids ملکولهای درشتی هستند که از رشته‌های نوکلئوتید تشکیل می‌شوند . اسیدهای نوکلئیك را از سیتوپلاسم و هستهٔ سلولهای گیاهی و جانوری ، و نیز به بهترین صـورت از ویروسهای متبلور گیاهی‌استخراج نموده‌اند . اسیدهای نوکلئیك مشهورعبارتنداز: اسیدهای داکسی‌ریبوزنوکلئیك Deoxy ribose nucleic acids باحروف‌اختصاری DNA، واسیدهای ریبوزنوکلئیك Ribose nucleic acids باحروف‌اختصاری RNA، یااسیدهای پنتوز-نوکلئیك باحروف اختصاری PNA .وزن‌ملکولی RNA استخراج شده از ویروس موزائیك توتون ۳۰۰،۰۰۰ تعیین شده است ـ م .

۲ . Polymer ـ مادهٔ حاصل‌ازپلیمربندی را پلیمرمی‌گویند.اصطلاح پلیمریزاسیون‌ابتدا منحصرا به معنای اتصال‌دویا چند ملکول آلی همجنس یا مونومربرای تولید مولکولی‌درشت‌ترو موسوم به‌دیمر یا پلیمر اطلاق می‌شد.فرمول کلی آن فرمول مونومرباضریب تعداد مونومرها

بقیهٔ پاورقی در صفحهٔ بعد

پرتئینی دارای وزن ملکولی زیاد وپلی‌نوکلئوتیدهایی که‌ترتیب کم و بیش نامنظمی از مونوکلئوتیدها را داشتند ، کاملا کفایت می‌کرد . اما ، این قوانین به‌تنهایی برای امکان تکامل بعضی از ساختمانهایی که باانجام اعمال‌عضوی ویژه‌ای سازش‌داشتند، کاملا نارسا بودند. طرفداران این‌فرضیه‌هابه‌اصطلاح «توضیح» می‌دهند که مناسبت ساختمانهای مواد بنیادی اولیهٔ مفروضشان با اعمال عضوی ، براثر «یك تصادف میمون» یا « فقط یك تصادف صرف » است. وازاین‌رو به‌دوویلیه حق‌داده می‌شود‌که در وجوداین‌تصادف «دست آفریننده‌ای غریب» را ببیند . این « دست » اصولا نه با «مکانیك کوانتوم الهی» شرودینگر فرق دارد و نه‌حتی با «اراده الهی» سنت اگوستین .

ا. دوکروک درکتابش، که چاپ انگلیسی آن فریبنده‌ترین عنوان ، یعنی «منشأهای حیات» رادارد ادعا می‌کندکه توضیحی عام دربارهٔ حیات ومنشأهای آن براساس تئوری «سیبرنتیك» داده و قوانین تأثیرمتقابل دقیق نیروها را نشان داده است ؛ قوانینی که به‌وسیلهٔ آنها «گروههای اتمها به‌مجموعه‌های زنده» ، یعنی موجودات زنده ، «تغییرشکل یافته‌اند» . اما بـا آشنایی بیشتر

بقیهٔ پاورقی از صفحهٔ قبل

بود مانندپارالدئید به‌فرمول$(CH_3CHO)_3$ که‌ازپلیمربندی استالدئید $-CH_3CHO-$ به‌دست‌می‌آید. امروزه‌پلیمربندی معنای‌وسیعتری دارد:

۱) پلیمربندی افزایشی، که به‌گونهٔ پلیمربندی فوق‌الذکر است.

۲) پلیمربندی‌تراکمی اتصال‌مونومرهای آلی،ازطریق‌تراکم باحذف شدن‌آب‌است. مانند تشکیل‌دی‌پپتید گلیسیل گلیسین ازتراکم دو مولکول گلیسین:

$$2NH_2.CH_2.COOH \rightarrow NH_2.CH_2.CO.NH.CH_2.COOH + H_2O$$

۳) کوپلیمربندی که‌عبارت‌ازاتصال‌ملکولهای آلی غیرهمجنس، از طریق افزایش یااز راه‌تراکم است. مانند لاستیك مصنوعی ومواد پلاستیك وپروتئینها.ـ م.

به‌این کتاب درمی‌یابیم که درتحلیل آخر ، همه چیز به این گفته منجر می‌شود کـــه رشته DNA که به مثابـــه نقطه مبدأ تمام سلسلهٔ موجودات زنده به‌کار رفته و به‌طریق مخصوصی ساخته شده‌است، باید به‌راه مستبعدی درمحلول موادآلی پدیدآمده باشد . زیـــرا پیدا شدن آن « احتمالی نزدیك به صفر داشت » . این فرضیه با فرضیه‌هـــای متعدد دیگری که راجع به منشأء تصادفی حیات قبلا ذکر کردیم چه فرقی دارد ؟

فیزیکدانان ادعامی کنند که اصولا امکان داردمیزی که‌روی آن می‌نویسیم خود به‌خود ، و براثر همسو شدن همزمان حرکت حرارتی همهٔ ملکولهای آن درهوا بالا رود. اما بسیار بعید است که‌کسی به‌طورکلی‌کار تجربی یافعالیتهای علمی خودرا بارعایت این امکان هدایت‌کند . به‌علاوه ، دانشمند عملی بیشتر بـــرای تئوریهایی ارزش قـــائل است‌که امکاناتی برای تحقیق فـــراهم می‌کنند . اما پدیده‌ای راکه درمنتهای مراتب ، ممکن بود فقط یك بـــار درتمام مدت موجودیت زمین رخ دهد چگونه می‌توان بررسی کرد ؟ از این‌رو اندیشهٔ منشأ تصادفی « ملکول زنده » از نظرگاه عملی‌کاملا بی‌ثمر است ، وهمچنانکه بعداً خواهیم دید ، از لحاظ نظری نیز نادرست است .

شك نیست‌که تلاشهای آگاهانه یاناآگاهانه برای مقایسه کردن منشأ موجودات زنده با اجزای بر پا شده یك ماشین نیز براساس بسیاری ازاظهارنظرهای معاصراست. اظهارنظرهایی که می‌گوید : درمحلول ابتدایی، موادآلی‌گوناگونی تشکیل شدند که ناگهان ساختمانی مناسب یافتند و بـــا اجرای اعمال حیاتی ویژه‌ای باهم سازگار شدند و سپس براثر ترکیب‌شدنشان نخستین موجود زنده به‌وجود آمد ؛ درست همان‌گونه‌که یك ماشین بـــا سوارشدن اجزای مرکب جداگانه‌ای که ساختمانشان باانجام‌کار

مخصوصی جور شده است ساخته می‌شود .

برطبق این گفته‌ها، اولین چیزی که حتی پیش ازپیداشدن ابتدایی‌ترین موجودزنده رخ داد، عبارت‌بود ازتشکیل آنزیمهای پرتئینی با ساختمانهای داخل ملکولی کاملا معین و سازش بسیار مؤثرشان با انجام واکنشهای ویژهٔ کاتالیزری که درمتابلیسم بسیار مهمند ؛ و تشکیل اسیدهـای امینه‌ای که نقش اصلی را درپروسهٔ تولید مثل موجودات زنده ایفا می کنند ، و بالاخره همچنان که می‌دانیم تشکیل ترکیبهای دیگری که در اعضای بسیار کارآمد و «معقولانه ساخته شدهٔ» پرتوپلاسم زنده پیدامی‌شوند ؛ گرچه خود پرتوپلاسم فقط به‌طور ثـانوی و از ترکیب ترکیبات ابتدایـی پدیدآمد .

چنین عقیده‌ای انسان را به‌یادگفته‌های فیلسوف‌یونان‌باستان امپدوکلس[1] می‌اندازد که عقیده داشت که پیش ازآنکه موجودات زندهٔ اصلی پدیدآیند، نخست تك‌تك اعضایشان مستقل ازیکدیگر به‌وجود آمدند «بدین‌سان تعداد زیادی سرهای بی‌گردن رشد و

---

۱ . Empedocles امپدوکلس یا انباذقلس (۴۸۳-۴۲۳ ق. م.) اهل اگریگنتوم Agrigentum ، فیلسوف مادی و ایدئولوژیست دموکراسی‌برده‌داری یونان باستان‌بود . شعری فلسفی تحت‌عنوان «دربارهٔ طبیعت» دارد . او در این اثر تعلیم می‌داد که اشیای گوناگون عالم از ترکیب چهارعنصر اولیهٔ آب ، خاك ، باد ، و آتش به‌وجود آمده‌اند . به عقیدهٔ او اشکال ترکیب و اقسام‌تجزیهٔ ترکیبات این چهار عنصر و تکامل عالم حاصل تأثیر دو نیروی متضاد مهروکین یا جاذبه و دافعه ونتیجهٔ میزان غلبهٔ یکی ازاین دونیرو بردیگری است . نکتهٔ جالب تـوجه و شایان اهمیت این است‌که امپدوکلس عقیده داشت‌که تکامل موجودات زنده از راه انتخاب طبیعی ترکیباتی‌صورت می‌گیردکه قابلیت زیست بیشتری دارند ـ م .

نمو می‌یافتند، و بازوان برهنه بدون شانه سرگردان بودند و چشمها بدون پیشانی به این‌سو و آن‌سو می‌جنبیدند» . بعد این اعضای جدا ازهم به‌هم پیوستند و بدین طریق انواع مختلف جانوران و مردمان به‌وجود آمدند .

حیات را فقط با بررسی منشأ و تکامل آن می‌توان شناخت

از نظرگاه داروینیسم کنونی ، نه‌تنها نادرستی، بلکه‌چرند بودن یك چنین تئوریی کاملا آشکار است . هرعضوی خاص تنها به‌مثابهٔ جزئی ازتکامل تدریجی تمام ارگانیسم می‌تواند پدیدآید وکامل شود .

ساختمان خاص وپیچیدهٔ چشم و دست تنها هنگامی مناسب غایتشان می‌شود که ازلحاظ اعمال‌عضویی که انجام می‌دهند مورد توجه واقع شوند . این امرغیرممکن وحتی غیرقابل تصور است که تکامل اعضای منفردی همچون « چشمهای بدون پیشانی » امپدوکلس را به‌طورجدی پذیرفت . زیرا خود اعمال‌تعیین‌کننده ساختمان آنها درچنان شرایطی بی‌معنی می‌شوند . بنابراین ، انتخاب طبیعی فقط در صورتی می‌توانست بر آنها تأثیرکندکه هریك جزئی ازکل بدن موجود زنده بوده باشد.

به‌همین‌نحو ، آنزیمها ، اسیدهای نوکلئیك و مانند آنها نیزفقط اجزای بدن موجود زنده‌اند ومانند اعضای بدن به‌انجام اعمال معین و از لحاظ حیاتی ضروری‌کمك می‌کنند . ازاین‌رو فعالیت‌کاتالیزری‌آنزیمها یا اعمال ویژهٔ اسیدهای نوکلئیك‌برای خود مواد هیچ اهمیتی ندارد و فقط برای تمام‌کالبد زنده حائز اهمیتند‌که درآن واکنشهای متابلیك مخصوصی صورت می‌گیرد. بنابراین ، پیش از به‌وجود آمدن چنین‌کالبدی ، هنگامی‌که هیچ یك ازاجزای‌آن وجودنداشت. این‌مواد به‌هیچ وجه نمی‌توانستند

ساختمانی « متضمن مقصود » کسب نمایند که برای انجام اعمال حیاتیشان مناسب باشد . کاملا طبیعی و درست است که فرض شود که اعمال تکاملی ، پی‌درپی رخ داده‌اند و از سیستمهای ساده‌تر به‌مرکبتر پیش رفته‌انـد . هرچند که تك‌تك اعضا ، از مجموعهٔ ارگانیسم ساده‌ترنـد ، ولی نباید مثل امپدوکلس تصور کنیم کـه جانوران و انسانها از به‌هم پیوستن اعضای منفرد پدیده‌آمده‌اند.

داروین راه درست رانشان‌داد و آن عبارت بود از به‌وجود آمـدن موجودات عالی از تکامل تدریجی موجودات پستی کـه سازمانی ساده‌تر داشتند ولی خود ، دستگاههای کاملی را تشکیل می‌داده‌اند .

همین‌طورهم خطاست اگر تصور شود که درآبهای اقیانوس نخستین که سرشار ازموادآلی بود، پرتئینها واسیدهای نوکلئیك دارای ساختمان«متضمن‌مقصود»ی پدیدآمدند که با اجزای اعمال بیولوژیك خاصی، بادقت فوق‌العاده و به‌خوبی سازش داشته و بعداً ازترکیب آنها خود موجود زنده به‌وجود آمده است .

آنچه از عمل قوانین فیزیك و شیمی ،که تا آن وقت تنها قوانین حاکم برزمین بی‌حیات بودند ، برمی‌آید این است کـه پلیمرهای کم و بیش تصادفی ساخته شده‌ای بـا ترتیبی اتفاقی از پپتیدها[1] ومونونوکلئوتیدها تشکیل شدند وبدین ترتیب هیچ«تضمن

---

۱ . Peptides پپتیدها ــ یا پرتئینهای ساده ازاتصال اسیدهای امینه همجنس یا ناهمجنس حاصل می‌شوند . پپتیدهای مرکب از دو اسید امینه را دی‌پپتید Dipeptide و آنهایی را که از اتصال‌سه‌اسیدامینه یا بیشتر حاصل‌شده‌اند پلی‌پپتید Polypeptide می‌نامند . اتصال‌اسیدهای امینه‌در رشتهٔ پلی‌پپتید را اتصال‌پپتیدی می‌گویند و آن سه‌قسم است: بازـ انشعابی (شاخه شاخه)وحلقوی. ساده‌ترین اتصال همان‌اتصال بازاست [اتصال گروه امینه ($-NH_2$) ازیك اسیدامینه به کربوکسیل($-COOH$) اسیدامینهٔ‌دیگر]. بعضی

بقیهٔ پاورقی درصفحهٔ بعد

مقصود» یاتطابقی با اجرای اعمال ویژه نداشته‌اند .

هرچند که، طبعاً این سیستمها به‌طورغیرقابل‌قیاسی ساده‌تر ازموجودات زنده بودند، اما این پلیمرها توانستندبه‌هم بپیوندند و دستگاههای چند ملکولی کاملی را بسازند. تنها درنتیجهٔ تکامل تدریجی‌ممتد این سیستمهای ابتدایی‌وتأثیرمتقابل‌آنها بر محیطشان و انتخاب طبیعی آنها بود که آن اشکال سازمانبندی خاص‌موجود زنده، یعنی متابلیسم وهمراه با آن پرتئینها، آنزیمها، اسیدهای نوکلئیك ومواد پیچیده و«متضمن مقصود» دیگری که وجه‌مشخص ارگانیسمهای معاصرند ، پدیدآمدند. بدین‌ترتیب حتی‌دورترین تشابهی میان منشأ حیات و سوارکردن قطعات یك ماشین وجود ندارد .

این دو نوع سیستم را تنها اگر درحالت اختتامیشان وجدا از منشأ شان ملاحظه‌کنیم ، شباهتی بـه‌یکدیگر از خـود نشان می‌دهند. امابه‌محض‌آنکه منشأ شان را مورد رسیدگی قراردهیم، اختلاف میان ماشین و موجود زنده نمایان می‌شود و آشکار است که این دو نوع سیستم ازلحاظ کیفی بایکدیگرفرق اساسی‌دارند.

این فکرقابل درك وحتی ساده است ، زیرا منشأ حیات و منشأ ماشین در سطحهای فوق‌العاده دور از هم تکامل تدریجی قرار دارند .

مامی‌توانیم مراحل مهم زیررادرمورد این تکامل از لحظهٔ تشکیل زمین تا به‌امروز موردتوجه قراردهیم. روی سیارهٔ ما، در مدت میلیاردها سال اول موجودیتش حیاتی وجود نداشت و همهٔ پروسه‌هایی که برآن رخ می‌داد، فقط تابع قوانین فیزیك وشیمی بود . این مرحلهٔ تکاملی را می‌توان مرحلهٔ غیرآلی یابی‌زیست.

بقیهٔ پاورقی

از پپتیدها از اتصال چندصدملکول اسید امینه تشکیل می‌شوند . انسولین یکی از پلی‌پپتیدهای مشهور است ـ م .

خاست[۱] تلقی نمود . سپس حیات روی زمین پدیدآمد و مرحلهٔ جدید و حیاتی تکامل تدریجی آغاز شد ، دراین مرحله قوانین جدید حیاتی برقوانین کهن فیزیك و شیمی افزوده شدند. قوانین جدید تفوق‌یافتند و درپیشرفت تکامل‌جانداران اهمیتی روزافزون کسب نمودند . اوج توفیق این مرحله پدیدآمدن انسان بودکه آغاز مرحلهٔ سوم یامرحلهٔ تکامل اجتماعی را مژده داد . دراین هنگام حتی‌قوانین زیست شناسی ازموقعیت مقدم خود رانده شدند و درپیشرفت بعدی ، قوانین تکامل جامعهٔ بشری حائز نقش عمده شدند .

توجه بدین‌امر بسیار مهم است‌که باآغاز هرمرحلهٔ جدید تکاملی ، باپدیدآمدن شکلی جدید ازحرکت ماده ، میزان سرعت تکامل‌آن افزایش‌می‌یابد . دورهٔ بی‌حیاتی عمرکره‌زمین‌چندهزار میلیون سال طول‌کشید ، امـا برای تکمیل پیشرفت‌قطعی تکامل بیولوژیك فقط چندصد یاشاید چندده میلیون‌سال لازم بود . تمام دوران تکامـل بشر تنها یك میلیون سال طـول کشید . تحولات اجتماعی درطی چندهزار سال وحتی درعرض چندقرن روی‌دادو ما اکنون تغییرات اساسی جامعهٔ بشری را درمدتی‌که شامل‌چند دورهٔ دهساله است ، می‌توانیم به‌سادگی مشاهده‌کنیم .

مشکل بتوان وجود تغییر برجسته‌ای را از زمان ارسطو به‌بعد ، درنوع انسان‌تصورکرد . امافقط‌درطی چندصدسال‌اخیر است که انسان‌اقتدار غیرقابل تصوری برمحیط خود یافته است. اومی‌تواند زمین‌راتندتر ازهرگوزنی بپیماید ، بهتر ازهرماهیی درزیرآب شنا کند ودرهوا به‌طرز بیمانندی تندتر وبیشتر ازهر

---

۱ - Abiogeny یا Abiogenesis - به وجود آمدن زنده از غیرزنده یا به وجودآمدن مادهٔ آلی ازمادهٔ غیرآلی بدون‌دخالت جسم زنده را بی‌زیست خاست می‌گویند - م .

پرنده‌ای پرواز نماید . اما این امر بدین علت نیست که انسان بال پرندگان یا باله و آبشش ماهی درآورده است . اقتداری که انسان کسب کرده نتیجهٔ تکامل اجتماعی‌است نه بیولوژیك . بویژه، ماشین که درغلبهٔ انسان بر نیروهای طبیعت نقش برجسته‌ای‌دارد، ثمره این تکامل است ، چــه انسان فقط با علم همه جانبهٔ خود به‌تجربیات پیشینیان که در طی قرون بسیاری گرد آمــده‌اند ، می‌توانست آنها را بیافریند .

بدین‌ترتیب ماشینها دستگاههایی نیستند که صرفاً غیرآلی باشند وطبق هیچ گونه قوانینی غیراز قوانین فیزیك وشیمی عمل نکنند . آنها ، ازلحاظ منشأ ، بیولوژیك نیستند بلکه بالاتر از آنند . یعنی اشکال اجتماعی حرکت مــاده‌اند . بنابراین ، مــا می‌توانیم طبیعت واقعی آنها را بابررسی منشأشان بشناسیم . اینك برای‌آنکه موضوع برخواننده روشنتر شود ، چند مثال دیگررا بررسی می کنیم .

بر کرانه‌های رودخانه‌های بزرگ کــه سنگهای رسوبی ضخیمی را سائیده‌اند ، می‌تــوان سنگهایی از کلسیت Calcite یافت که معمولا « انگشت شیطان » نامیده می‌شوند . زیرا شکل عجیبشان انسان را به‌یاد شکل انگشت می‌اندازد ؛ با این تفاوت که دریك انتها به‌شکل‌مخروط تیزمی‌شود. مردم ازدیرباز عقیده داشتند که این‌سنگها براثر خوردن‌آذرخش به‌شن تشکیل‌شده‌اند وحتی نام‌علمی‌آنها ــ بلمنیت[1] ــ از این فرض راجع به‌منشأشان ناشی شده است . اگر این امر صحت داشت همیشه می‌بایست با سنگهای کانی جهان غیرآلی‌بیزیست‌خاسته توأم بوده‌باشند. اما،

---

1. Belemnite مشتق از کلمهٔ یونانی Belemnon به‌معنای تیر یاخدنگ است . به‌زبان‌انگلیسی آن‌را Thunderstone می گویند که معنای لفظی‌آن «تندرسنگ» است ــ م .

در واقع امـر معلوم شده است که بلمنیتها بقایای سنگواره شدهٔ روسترها ، یعنی اعضای درونی نرمتنانند ؛ و اینکه علامت ویژهٔ گروهی خاص از نرمتنان پابرسر ۱ هستند که در دوره‌های ژوراسیک۲ و کرتاسه۳ می‌زیستند و در آغاز دوران سوم کاملا از میان رفتند . روی سطح بعضی از بلمنیتها حتی آثاری از رگهای خونی پردهٔ زیر صدف یا پوشش نرم بدن نرمتن به‌نام جبه (Mantle) می‌توان یافت که زمانی بلمنیت را در برمی‌گرفت. بنابراین اگر بلمنیتها مستقلا و بدون توجه به‌منشأشان بررسی شوند ، با وضوح کامل معلوم می‌شود که فاقد حیاتند. آنها از نظر ترکیب شیمیایی و نیز از لحاظ خـواص فیزیکی مخصوصشان از آن جهان غیر آلـی می‌نمایند . اما بلمنیتها نمی‌توانستند درجهان غیرآلی وتنها براثر نیروهای ابتدایی طبیعت معدنی تشکیل شوند . بدین دلیل اگر راجع به‌منشأ حیاتی این اشیا ، یا تاریخ تکامل حیات در زمین آگاهی نداشته باشیم نمی‌توانیم طبیعت اصلی آنها را بشناسیم . در این‌صورت است که آنها یقیناً به‌صورت چیزهای معجزه‌آسایی همچون «انگشتهای شیطان» به‌نظر می‌رسند .

اکنون از خوانندگانم تقاضا می‌کنم اجازه دهند که به‌عالم خیال بروم، زیرا این‌امر مرا قادرمی‌سازد که عقیده‌ام را روشنتر بیان کنم .

تصور کنیم که مردم توفیق یافته‌اند ماشینهای خودکار یا

---

۱. Cephalopous سفالوپود یا پا برسر نام یك رده از شاخهٔ نرمتنان است . پاهای آنها به‌صورت بازوهای گیرنده درآمده‌اند که همه‌شان در ناحیه‌سر قراردارند . هر بازو دارای دستگاه‌مکنده‌ای است. نیزحیوان‌سیفونی‌دارد که عملش‌دفع‌آب ازحفرهٔ جبه‌است ـ م.

۲و۳. Jurassic و Cretaceous دوره‌های‌دوم وسوم دوران دوم زمین‌شناسی است ـ م.

روبوتهایی[۱] بسازند که نه‌تنها می‌توانند مقدار زیادی کار برای بشر انجام دهند، بلکه حتی می‌توانند مستقلا شرایط انرژتیك لازم را برای کارخویش ایجاد نمایند؛ وفلزها را به‌دست‌آورند و آنها را برای‌ساختن‌اجزای‌ترکیبی‌خود به‌کاربرند وازاینهاروبوتهایی مانند خودشان بسازند. بعدفاجعه‌ای‌روی‌زمین رخ‌می‌دهد و نه‌تنها همهٔ مردم، بلکه‌کلیهٔ موجودات زنده‌سیاره‌مارا نابود می‌کندولی روبوتهای‌فلزی‌باقی‌می‌مانند. آنها به‌ساختن‌روبوتهای دیگرومانند خود ادامه می‌دهند وبدین‌ترتیب، گرچه ماشینهای کهنه به‌تدریج فرسایش می‌یابند، اما ماشینهای جدیدی به‌جای آنها پدیدآمده «نژاد» روبوت باقی‌می‌ماند وحتی شاید، بااعتدال افزایش‌یابد.

همچنین تصورکنیم که همهٔ اینها قبلا در یکی ازسیاره‌های منظومهٔ شمسی‌ما، مثلا درمریخ، اتفاق افتاده‌است وما به‌این‌سیاره فرودآمده‌ایم. مادرپهنه‌های بی‌آب و بی‌حیاتی‌ناگهان باروبوتها مواجه می‌شویم. ایاماآنهارا ساکنان‌زنده‌سیاره تلقی‌خواهیم‌کرد؟ البته‌نه. روبوتهانشان‌دهندهٔ حیات‌نخواهندبودبلکه‌چیزدیگری‌را نشان‌خواهند داد. ممکن است‌شکل بسیار پیچیده وکارآمـدی از سازمان‌بندی وحرکت ماده‌باشند، اما بازهم فرق می‌کنند. آنها بابلمنیتها قابل‌قیاسند که قبلاآنها راموردِ توجه قرار دادیم وتنها تفاوتشان دراین است که بلمنیتها در پروسهٔ تکامل بیولوژیك پدید

---

۱. Robot. ماشینهای خودکاری راکه بسیاری از اعمال انسان را انجام می‌دهند روبوت می‌نامند. این‌کلمه را نخستین‌بارکارل چاپك Karel Capek (۱۸۹۰-۱۹۳۸)، نمایشنامه وداستانویس‌چك، دریکی‌ازنمایشنامه‌هایش به‌نام «روبوتهای‌جهانی‌رسوم» (Rossum, Universal Robots) به‌کاربرد. دراین‌نمایشنامه منظور ازروبوت آدم مصنوعی‌مکانیکی است‌که اعمال آدمیان‌را باکفایت وشایستگی انجام‌می‌دهد ولی‌فاقداحساس‌است. Robota درزبانهای‌روسی‌وچك به‌معنای‌کار است.- م.

آمدند، درصورتی‌که روبوتها براساس شکل عالیتر و اجتماعی حرکت ماده مبتنی بوده‌اند.

حیات‌دردریای ژوراسیك وجودداشت وروسترهای‌نرمتنان پابرسر نقش‌خاصی درآن‌ایفا می‌کردند. حیات محوشد و بلمنیتها باقی ماندند. اما اکنون آنها را اشیای بی‌حیات جهان غیرآلی می‌نامند. همین‌طورهم‌ماشینهای‌خودکار و بویژه،روبوتهای‌تصوری مافقط بهمثابهٔ متفرعات جامعهٔ‌بشری(یانظیرآن)، وبه‌منزلهٔ‌ثمرهٔ شکل‌اجتماعی سازمانبندی وحرکت ماده می‌توانستندتکامل یابند ونقش‌قابل ملاحظه‌ای دررشد وگسترش‌آن شکل‌سازمانبندی ایفا نمایند.اماشکل‌مزبورازمیان‌رفت‌ونابودگردید وروبوتهابه‌تنهایی باقی‌ماندند، بی‌آنکه زیر نظارت شکل اجتماعی حرکت مـاده بمانند.آنها تنها از قوانین فیزیك و شیمی‌کاملا پیروی می‌کنند.

با وجود این، همچنانکه اگرانسان هیچ دانشی ازحیات نداشته‌باشد نمی‌تواند بفهمدکه بلمنیت چیست، همین‌طورهم درك ماهیت«روبوت‌مریخی» بدون‌آشنایی‌کافی به‌شکل اجتماعی‌حرکت ماده‌ای که‌آن‌راپدیدآورده نامکن است. این‌امرحتی اگرکسی می‌توانست‌تك‌تك‌اجزای ترکیبی‌روبوت راپیاده ودوباره‌به‌درستی روی‌هم سوارکند، صدق می‌کرد. حتی‌درآن‌صورت‌هم‌خصوصیات ترکیب سازمان روبوت برما پوشیده می‌ماند. ترکیبی‌که زمانی سازندگانش‌آن‌را قصداً به‌منظورحل‌مسائلی‌که‌باآنهامواجه‌بودند ولی‌کاملا برمامجهولند ساخته بودند.

هنگامی‌که لیلیپوتها[1] ساعتی درجیب‌گالیور پیداکردند،

---

۱. اشاره به کتاب «مسافرتهای گالیور» (*Gulliver's travels*) اثر جوناتان سویفت Jonathan Swift (۱۷۴۵ ــ ۱۶۶۷) نویسندهٔ هجونویس ایرلندی است. لیلیپوت Lilliput نام یك جزیرهٔ افسانه‌ای است‌که قدمردم‌آن بسیارکوتاه ودرحدود پانزده سانتیمترذکرشده‌است. اکنون‌به‌افرادکوتاه‌قد،لیلیپوت‌می‌گویندـم.

هرچند که بنابر گفتهٔ سویفت معلومات وسیعی راجع به ریاضیات و مکانیك داشتند ، در وضعی نبودند که ماهیت آن را به درستی درك نمایند. آنها پس از تأمل ممتد به این نتیجه رسیدند که ساعت مزبور یك خدای جیبی است که گالیور هروقت به انجام کاری مبادرت می‌نمود ، با آن استخاره می‌کرد .

اگر متفکری مریخی ، تصادفاً به ساعتی برخورد کند که در فضا به سویی پرواز می‌نماید، شاید او هم قادر باشد که آن را اوراق و دوباره جمع کند، اما بازهم مطالب غیرقابل فهم بسیاری در این باره برایش باقی خواهد ماند . و نه تنها مریخیان بلکه بسیاری از خوانندگان هم نیز شاید نتوانند توضیح بدهند که چرا با وجود اینکه شبانه‌روز بیست و چهار ساعت است ، درصفحه ساعتهای معمولی فقط دوازده شماره وجود دارد . این پرسش را تنها باداشتن معلومات خوبی دربارهٔ تاریخ فرهنگ بشری و بویژه : راجع به تاریخ ساعتسازی می‌توان پاسخ داد .

همین طورهم شناخت صحیح طبیعت حیات بدون دانستن تاریخ منشأ آن ناممکن است . با این حال ، معمولا طبیعت و منشأ حیات به مثابهٔ دومسئلهٔ به کلی جدا ازهم تلقی می‌شدند و اکنون نیز مجزا ازهم تلقی می‌شوند. از این رو درپایان قرن گذشته و آغاز قرن کنونی مسئلهٔ منشأ حیات مسئله‌ای حل ناشدنی ومنفور شمرده می‌شد که کار راجع به آن برای دانشمند جدی صرفاً اتلاف وقت بود .کوشش می‌شد طبیعت حیات را که مسئلهٔ اساسی زیست‌شناسی زمان حاضر است به کلی مجزا ازمنشأ آن، ودر درجهٔ اول باروش متافیزیکی صرف بشناسند . به عبارت ساده‌تر ، این امر اصولا بدین می‌ماند که بخواهند اجزای بدن موجود زنده را مثل چرخ و دنده‌های ساعت پیاده و باز سوار نمایند .

حتی مفیستوفلس[1] دراندرز خود به دانشمند جوان این طرز

1. Mephistopheles مفیستوفلس نام قهرمان افسانهٔ مشهور گوته

بقیهٔ پاورقی درصفحهٔ بعد

برداشت را مسخره کرده است :

Wer will was lebendigs erkennen und beschreiben.
Sucht erst den Geist herauszutreiben,
Dann hat er die Teile in seiner Hand,
Fehlt leider! nur das geistige Band.
Encheiresin naturae nennt's Chemie
Spottet ihrer selbst, und weiss nicht wie.۱

بقیهٔ پاورقی ازصفحهٔ قبل

به‌نام«فاوست» Faust است . مفیستوفلس دراین افسانه‌نقش‌ابلیس را داردکه به‌اشکال وهیئتهای‌گوناگون ظاهر می‌شود ومی‌کوشد تا فاوست دانشمند دانشپژوه انساندوست وخداپرست رااز‌خداپرستی بگرداند . قطعهٔ‌نقل‌شده بالا مربوط به‌موقعی است‌که فاوست فریب مفیستوفلس راخورده وباوی پیمان‌بسته است وجوان دانشمندی‌که اشتیاق فراوان به‌طلب علم‌داشت وآرزومی‌کردکه علامهٔ‌دهر شود، نزدفاوست‌می‌آید تاازوی دانش بیاموزد ، امامفیستوفلس‌به‌جای‌او ودرجامهٔ اوباآن جوان به‌گفتگو می‌پردازد. م.

۱. اشعار بالااز روی ترجمهٔ انگلیسی وان‌درسمیسن W.H. Van Der Smissen به‌فارسی ترجمه شده است ؛

«هرکه خواست‌موجود زنده‌ای‌را توصیف‌کندوآنرابشناسد،
نخست برآن‌می‌شودکه جانش‌را بستاند .
آنگاه اجزای‌آن در دستش می‌مانند ،
اماافسوس ! روح‌ربط دهندهٔ آنهارا ندارد .
اکنون‌کیمیاگران این‌را «دسترسی به‌طبیعت» می‌نامند.
آنان خودرا ریشخند می‌کنند ونمی‌دانند چگونه» .

در زمان قدیم علم شیمی را Encheiresin naturae یا «دسترسی به‌طبیعت» می‌نامیدند . در قطعهٔ بالا ، گوته به‌پیروی از استاد شیمی‌خود اشپیلمن Spielmann به‌وسیلهٔ مفیستوفلس کیمیاـ گران‌را که‌می‌کوشیدند تاازراه تجزیه به‌ترکیب موجودات ومواد واجسام پی‌ببرند ، مسخره کرده است . اشپیلمن‌عقیده داشت که‌دست طبیعت اجزای مختلف یک‌موجود زنده ، یک‌مادهٔ حیوانی یا نباتی را به‌اشکال مختلف‌به‌وسیلهٔ‌روح به‌هم‌پیوند می‌دهد وچون همهٔ‌قوانین

بقیهٔ پاورقی درصفحهٔ بعد

البته شکی نیست که تجزیه دقیق مواد و پدیده‌هایی که ویژهٔ موجودات زندهٔ معاصرند فوق‌العاده مهم و برای شناخت حیات مطلقاً ضروری است. ولی مسئله این است که آیا این امر به تنهایی برای چنین شناختی کافی است؟ روشن است که نه. حتی اکنون هم، ما با تمام مهارتی که در این گونه تجزیه پیدا کرده‌ایم، هنوز بسیار عاجزیم از اینکه راهی را نشان بدهیم که منجر به سنتز واقعی حیات گردد؛ هر چند که ممکن است قبول داشته باشیم که چنین سنتزی از لحاظ تئوری کاملا امکان پذیر است.

این امر ابداً بدین علت نیست که تجزیهٔ ما هنوز کامل نشده است و هنوز به همهٔ جزئیات ساختمان بدن موجود زنده پی نبرده‌ایم.

ماکس پلانک نوشت: «کل همیشه با مجموع اجزای مجزا قدری فرق دارد». این کل را تنها با شناخت آن در جریان بلوغ و تکاملش، به وسیلهٔ بررسی و تولید مجدد پروسه‌های مربوط به تولید تدریجی و تکمیل سیستمهای ابتداییتری که پیشگامش بودند، می‌توان دریافت.

اکنون پیوسته آشکارتر می‌شود که علم به طبیعت اصلی حیات، فقط از راه علم به منشأ آن امکان پذیر است. همچنین حالا، این منشأ دیگر آن قدر گیج کننده نمی‌نماید که چندی پیش می‌نمود. ما اینك با تفصیل بازهم بیشتری راههایی را شرح می‌دهیم که منجر به پیدا شدن حیات در روی زمین شد. این امر تنها می‌توانست به مثابهٔ جزء مکملی از تاریخ عمومی تکامل سیارهٔ ما روی دهد. واقعیات موجود نشان می‌دهند که منشأ حیات پروسه‌ای تدریجی

بقیه پاورقی: طبیعت را نمی‌توان شناخت و با تجزیهٔ اجزای یك موجود، روح از تنش خارج می‌شود، انسان قادر نخواهد بود که اجزای مجزای یك جسم زنده را به صورت اول خود ترکیب کند ـ م.

بود. پروسه‌ای که‌در آن موادآلی‌پیوسته‌پیچیده‌تر شدندوسیستمهای کاملی تشکیل‌دادند که درحالت‌تأثیر متقابل‌دائمی باملأ پیرامون خود بودند .

بدین‌سان با دنبال نمودن مسیرجریان پدیدآمدن حیات ، نه به«دست‌آفرینندهٔ توانا» برمی‌خوریم و نه به‌شیئی که‌درمرحلهٔ بسیار دیرتری ازتکامل ماده پدیدآمده است. اما ، ما بدین‌طریق درمی‌یابیم که سیستمهای ویژهٔ اصلی و موجودآن زمان چرا و چگونه درجریان تکامل تدریجی به‌جای‌آنکه به‌سیستمهای فاقد حیات تغییر کنند به سیستمهایی دگرگونی یافتند که حیات صفت مشخصهٔ آنها بوده و درمی‌یابیم که قوانین جدید بیولوژیك که‌قبلا وجود نداشتند چگونه درهمان پروسهٔ استقرارحیات پیدا شدند. و نیز می‌فهمیم که «تضمن مقصود» که‌درهمهٔ موجودات‌زنده‌مشاهده می‌شود چگونه به‌وجودآمد .

بدین طریق ، دانش ما سبب می‌شود که سازمانبندی اصلی ابتداییترین‌شکلهای حیات‌راواقعاً بشناسیم‌وبراین‌اساس‌می‌توانیم تکامل بعدی این اشکال را با به‌کار بستن احکام نظری تکامل تدریجی به سادگی دنبال نماییم . ما می‌توانیم رد اثر تشکیل مشخصات جدیدی‌را بگیریم که نشانهٔ ویژهٔموجوداتی با سازمانی عالی و ازجملهٔ آنها انسان است که دراوج مرحلهٔ زیستی تکامل ماده است.

ازاین‌قرار ، ما به‌آن‌عقیدهٔ اصلی می‌رسیم که اساس این کتاب را تشکیل می‌دهد وقبلا به‌وسیلهٔ هراکلیتوس‌افسوسی تنظیم گردیده و درآثار ارسطو گنجانیده شده است : ــ « انسان فقط هنگامی می‌تواند ماهیت اشیا را دریابد که منشأ و تکامل آنها را بداند».

۲ منشأ حیات

تئوریهای‌کنونی راجع به‌منشأ عالم

ما درجهانی زندگی می کنیم که پیوسته و بی‌انقطاع تکامل‌و تحول می‌یابد . تکامل پروسهٔ برگشت ناپذیری است . ازاین رو غالباً به«تیرزمان» تشبیه می‌شود که فقط دریك جهت سیر می کند . ولی ما باید درپرتو دانش‌کنونی خود این تصویر راکهنه تلقی کنیم . سرعت تیر همیشه‌کاهش می‌یابد . برعکس ، همان‌طور که درفصل پیش‌دیدیم، سرعت تکامل‌همیشه افزایش می‌یابد. ازاین‌رو بهتراست بایك موشك‌مقایسه شود که سرعت‌خودرا درطی‌مراحلی افزایش می‌دهد .

همین‌طورهم هنگامی که شکلی‌جدید ازسازماندهی وحرکت ماده ، درجریان تکامل پدید می‌آید، آهنگ سرعت تکامل به‌تندی افزونتر می‌شود. گویی فشاری تازه ونیرومند بدان وارد می‌شود. اما درچنین صورتی، بخش هرچه محدودتری ازمادهٔ تکامل‌یابنده شتاب می‌گیرد .

بدین‌ترتیب، باپدیدآمدن‌حیات، بیوسفر[1] به‌سرعت‌گسترش

---

۱. Biosphere ـ قسمتی ازکرهٔ زمین وجـو آن راکه‌حیات دارد بیوسفر می‌نامند. بیوسفر قسمت زیرین‌جو و قسمت فوقانی‌لیتوسفر Lithospher (پوشش سنگی وخاکی زمین) و هیدروسفر (پوشش آبی زمین) تا عمق معینی را شامل می‌شود ـ م .

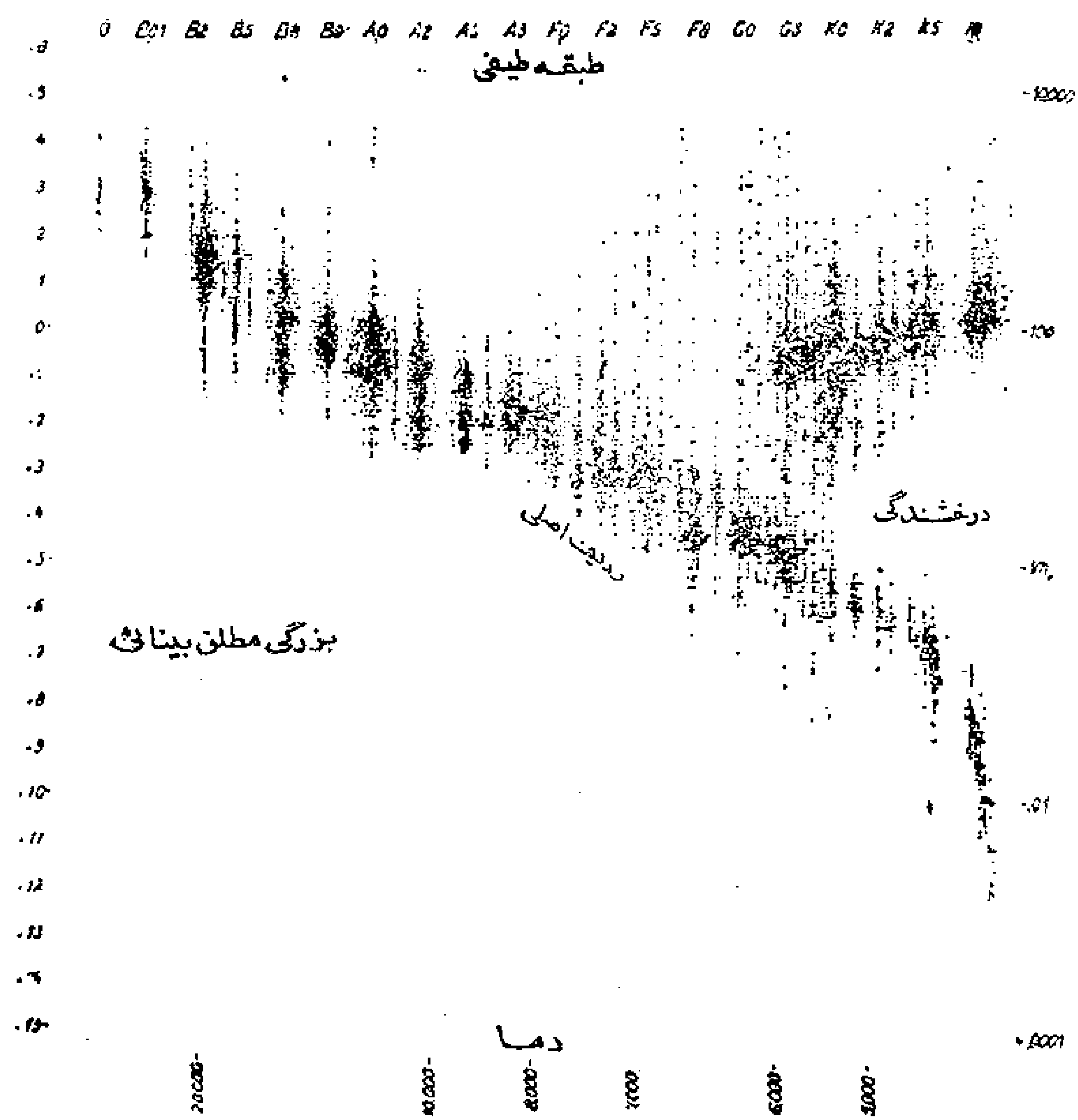
یافت، اما بیوسفر فقط بخش کوچکی از تمام سیارهٔ ما را تشکیل داد. باپدیدآمدن انسان آهنگ سرعت تکامل شتاب بیشتری یافت وجامعهٔ بشری رشد نمود ؛ هرچندکه این یك، برخه‌ای کوچك، از تمام مجموعهٔ موجودات زنده را تشکیل داد .

منشأ حیات جزء مکمل رشد تکامل عمومی جهان ما بود. بنابراین‌فقط براساس‌تکامل‌عمومی‌ماده‌است‌که بررسی‌آن‌می‌تواند مفید واقع شود . باوجود این، مابرای پرهیز ازپراکنده‌گویی، درشرح بعدی خودنظرمان را روی مواردی‌که درگذر از حالت غیر زنده به زنده نقشی مستقیم داشتند متمرکز خواهیم‌کرد و دایرهٔ توجه خویش را به‌تدریج تنگتر خواهیم ساخت .

درقرن هیجدهم ، ویلیام هرشل (۱۸۲۲-۱۷۳۸) عقیدهٔ نبوغ‌آمیزی مطرح ساخت‌که بعداً مورد حمایت لاپلاس(۱۸۲۷-۱۷۴۹)واقع شد. این‌عقیده می‌گویدکه اگرستارگان وصورتهای فلکی تغییرناپذیر نیستند ، پس در زمانهای مختلفی پدیدآمده‌اند وبازهم پدید می‌آیند ودرنتیجه یك پروسهٔ تکامل تدریجی‌صورت می‌گیردکه ما می‌توانیم مراحل گوناگون آن‌را درآسمان ببینیم .

این‌عقیده مدتی درازتوسط ستاره شناسان نادیده‌گرفته شد و فقط در آغاز این قرن بودکه با ترسیم نمودار نجومی هرتز۔ پرونگ ــ راسل Hertzprung ـ Russel احیا شد . این نمودار رابطهٔ میان‌نمونه‌های طیفی‌ستارگان (یعنی درجات حرارت‌سطح آنها) وروشنایی یا درخشندگی مطلق‌آنهارا نشان می‌دهد ومبین مجموع مقدار انرژیی است‌که دریك زمـان معین توسط ستاره‌ای منتشر می‌شود. محورطول نمودار، درجه حرارت مطلق رانشان می‌دهدکه از ۳۰٫۰۰۰ درجهٔ سانتیگراد درسمت چپ تا۲۵۰۰ درجهٔ سانتیگراد درطرف راست‌کاهش می‌یابد .

محور عرض ، نمودار درخشندگی مطلق ستارگان است و



شکل ۱ ـ منحنی رشتهٔ اصلی (نمودار هرتزپرونگ ـ راسل)

درخشش مطلق خورشید واحد فرض می‌شود . نقطه‌هایی که بدین سان رسم شده‌اند نمودار همهٔ ستارگان شناخته شده هستند و در نمودار گروهی را تشکیل می‌دهند که نوارها یا خطوط کاملا باریکی را اشغال می‌کنند. نوار اصلی آنها درطول قطر نمودار قرار گرفته و از گوشهٔ بالا و چپ نمودار به‌پایین و راست آن امتداد دارد .

اکثریت عمده (درحدود ۹۵ درصد) ستارگانی که رصد شده‌اند، و ازجملهٔ آنها خورشید ما، دراین قطر که به‌نام «رشته نجومی اصلی» خوانده می‌شود ، بانقطه نموده می‌شوند. البته‌یك

چنین‌طرزتوزیع ویژگیهای نجومی‌تصادفی‌نیست. یکی ازمصنفان این نمودار ــ راسل ــ اهمیت تکاملی مستقیمی به‌آن نسبت داده است . او ابرازعقیده نمودکه هریك ازستاره‌ها درجریان تکامل فردی خود به‌نحوی درامتداد خط نمودار پیش‌رفته است . علمای علم تکوین عالم هنوز درمــورد طریقهٔ واقعی صورت‌گرفتن این تکامل نجومی اتفاق نظر نیافته‌اند . به‌نظر می‌رسدکه ستارگان مختلف به‌راههای متفاوت تکامل می‌یابند ؛ اماعقیدهٔ فعلی مبنی براینکه ستارگان جدیدی تشکیل می‌شونــد و پی‌درپی تکامــل می‌یابند ، اکنون براثرتعدادی ازشواهد ستاره شناسی‌که اخیراً به‌اثبات رسیده‌اند پایهٔ بسیار محکمی یافته است . در این‌باره ، تحقیقات آمبارتسومیان V. Ambartsumian راجع به‌دسته‌های نجومی بسیارجالب است .

این‌دسته‌هاناپایدارند، زیراجاذبهٔ متقابل ستارگان‌تشکیل دهندهٔ آنها ضعیفتر از جاذبهٔ‌کهکشان ، بویژه بخش مرکزی‌آن است. بنابراین ستارگانی‌که این دسته‌ها را می‌سازند، به‌طوری جداگانــه و درجهاتی مختلف سیر مــی‌کنند و بــرطبق محاسبهٔ آمبارتسومیان، چنین دسته‌هایی بیش ازچند ده میلیون سال دوام نمی‌کنند . اما ازآنجاکه این دسته‌ها و ستارگان سازنده‌شان را اکنون می‌توانیم ببینیم ، باید درزمان نسبتاً جدیدی تشکیل شده بــاشند . بدین‌ترتیب ، این امرنشان می‌دهدکه پــروسهٔ تشکیل ستارگان هنوز هم ادامه دارد .

علاوه براین ، منظومه‌هــای سیاره‌ای شبیه منظومهٔ شمسی خودمان نیز بایستی تشکیل شده بــاشند و هنوز هم باید درحال تشکیل‌باشند. دلایل به‌دست‌آمدهٔ اخیر،بویژه مطالعات‌هولمبرگ H. Holmberg ، نشان می‌دهدکه این‌گونــه منظومه‌ها به‌میزانی وسیع درعالم پخش شده‌اند و نیز ستارگان محاط دراجسام سرد

نسبتاً کوچك نیز نه‌تنها استثنای نادری نیستند ـ چنانکه دربیست سال گذشته معتقد بودند ـ بلکه فراوانند . اکثر ستاره‌شناسان و علمای‌معاصر علم‌تکوین‌عالم راجع به‌این‌امر عقیده دارند که منظومهٔ سیاره‌ای ما نیز نتیجهٔ یك «تصادف میمون» بسیار نادری نبوده ، بلکه مانند بسیاری از منظومه‌های مشابه ، به‌مثابهٔ پدیده‌ای کاملا معمولی و به‌منزلهٔ مرحله‌ای ازتکامل متوالی‌ماده پدیدآمده است. بیش ازپیش روشن شد که انسان‌نمی‌تواند مسئلهٔ تکامل یك‌منظومهٔ سیاره‌ای را جدا از مسئلهٔ عمومی منشأ ستارگان درنظر بگیرد . چراکه این دو پدیده ، صرفاً دومرحلهٔ متوالی در پروسهٔ واحد تکامل تدریجی اجسام‌کیهانی هستند .

منشأ منظومهٔ شمسی

اکنون بسیار محتمل می‌دانندکه پروسهٔ تکامل ستارگان و سیاره‌ها به‌طریقی باتکامل مادهٔ گاز وغبار بین سیارات ارتباط داشته باشد . کهکشان (و دیگرسیستمهای مشابه) همان‌طورکه اکنون به‌خوبی‌معلوم شده‌است، به‌هیچ‌وجه به‌صورت‌مجموعه‌های انبوهی ازستارگان وسیاره‌ها تغلیظ نیافته است. بخش‌قابل ملاحظه‌ای از جرم آن به‌شکل غبار وگازبسیارپراکنده ، درفضاپخش شده‌است. ابرهای‌غبارکیهانی به‌طورعمده دروسط‌کهکشان تمرکزیافته‌اند . بعضی ازآنها را حتی می‌توانیم با چشم غیرمسلح درزمینهٔ روشن راه شیری ، به‌شکل نواحی تیرهٔ غیرمنتظم، بسیار واضح ببینیم . این بدین علت است که توده‌های غبار ، نورستارگانی راکه پشت آنها قرار دارند تیره می‌کنند .

به‌کمك بسیاری از رصدهای اخیر ثابت شده است که این

توده‌های غبار و گاز، به‌ابعاد بسیارعظیمی درحدود ۲۰۰ پارسک[۱] یا حتی بیشترند و جرم آنها ممکن است که بیش از سیصد برابر جرم خورشید باشد (ده سال پیش معلوم گردید که علاوه براین ابرهای عظیم، ابرهای نسبتاً کوچکی از گاز وغبار کیهانی‌وجود دارد که چون حاجب نورند، درزمینهٔ یك سحابی به‌سادگی قابل رؤیتند. آنها شکل نقاط گرد یاتقریباً گردی را به‌خود می‌گیرند و از این رو «گویچه» Globule نسامیده می‌شوند. کوچکترین گویچه‌ای که اکنون می‌شناسیم به‌قطر ۰٫۰۰۶ پارسك‌است وجرم آن $\frac{۱}{۵۰۰}$ جرم خورشید است. گویچه‌های دیگر جرم بزرگتری دارند. جرم بعضی از آنها چند برابر جرم خورشید است. از این‌رو چنین گویچه‌هایی ممکن است مقداری‌کافی ماده برای تشکیل یك یا چند ستاره باشد) تراکم فوق‌العاده زیاد گویچه‌ها دانشمندان را بر آن داشته است که امکان این طرز به‌وجودآمدن ستارگان را درنظر بگیرند. تراکم گویچه‌ها هزاران باربیش‌از تراکم محیطی است که آنها را احاطه می‌کند.

(علمای معاصر شناخت تکوین عالم، بیشتر به‌این عقیده تمایل‌نشان‌می‌دهند‌که‌یك چنین‌گویچه‌ای، پیش‌اختری(Protostar) بوده است که منظومهٔ سیاره‌ای ما از آن ساخته شده است. در مرحله‌ای از تکامل‌گویچه، جسم مرکزی بزرگی درآن تشکیل گردید وبه‌سرعت، باجذب ذرات ماده به‌خود، رشدکرد. این جسم باچنین عملی متراکم‌گردید و حرارت درونی آن مرتباً بالا رفت. هنگامی که جسم مرکزی به‌جرمی‌قابل‌قیاس‌باجرم خورشید رسید، شرایط داخل‌آن برای آغازیك دوره واکنشهای هسته‌ای، مشابه باآنچه هنگام انفجاربمب هیدروژنی روی می‌دهد، مساعد

---

۱. Parsec پارسك واحد طول است در ستاره شناسی که مساوی با ۳٫۲۶ سال نوری یا $۳٫۰۸ \times ۱۰^{۱۳}$ کیلومتر است ـ م.

شد . هیدروژنی که قسمت اعظم جرم مرکزی را تشکیل می‌داد ، استحاله شدن به‌هلیوم Helium را آغاز کرد و این امر با آزاد شدن مقادیر بسیار عظیم انرژی داخل اتمی همراه بود . درجهٔ حرارت جسم مرکزی به‌میلیونها درجهٔ سانتیگراد رسید و در نتیجهٔ این امر ، جسم مزبور خود به‌خود ستاره‌ای درخشان گردید و در واقع خورشید ما شد . تکامل بعدی آن خط رشتهٔ اصلی نمودار هرتزپرونگ ـ راسل را دنبال کرد .

بقیهٔ مواد گویچه که در تشکیل خورشید شرکت نداشت ، درهمان هنگام به‌شکل ابر دیسك مانندی از گاز و غبار درآمد و موجب پدیدآمدن «پیشسیاره‌ها» (Protoplanets) گردید .

در نوشته‌های امروزی راجع به‌شناخت تکوین (Cosmogony) عالم ، تعداد زیادی فرضیه به‌منظور توضیح مکانیسم تشکیل سیاره‌ها می‌بینیم . اهل علم شناخت تکوین عالم به‌حرکت گردابی ، به‌نیروهای جاذبه و نیروهای فیزیکی ای متوسل می‌شوند که به‌هنگام برخورد ذرات گاز و غبار به‌همدیگر افزایش می‌یابند . حرکت این ذرات در ابر سیاره‌ای ابتدایی بایستی تا اندازه‌ای پرهرج ومرج بوده باشد. ذرات به‌مثابهٔ ماهواره‌هایی بسیار خرد ومستقل ازیکدیگر به گرد جسم مرکزی می‌گشتند . آنها می‌توانستند در جهتهای مختلف و سطحهای متفاوتی حرکت کنند و با این عمل ناگزیر بایکدیگر برخورد می‌کردند . اماچون تأثیر متقابل ذره‌های سنگین یا تصادم ذره‌های غبار یا ملکولهای گاز غیر ارتجاعی[۱] بود و در نتیجه با استحاله انرژی جنبشی به‌اشکال دیگر آن توأم می‌شد ، مجموع مقدار انرژی مکانیکی ابر سیاره‌ای به‌مرور زمان کاهش می‌یافت . تحلیل

---

۱. Inelastic Collision . تصادم غیر ارتجاعی به‌تصادمی گفته می‌شود که در آن مقداری از کل انرژی جنبشی کاسته می‌شود . در فیزیك هسته‌ای به‌تصادمی گفته می‌شود که در آن یك ذره وارد به‌هسته موجب تحریك یا خرد شدن هستهٔ مصدوم می‌گردد ــ م.

ریاضی تمام‌این‌پروسه نشان‌می‌دهدکه این گونه تکامل‌ابرسیاره‌ای لزوماً به‌پهن شدن تدریجی آن و به‌شکل دیسك درآمدنش منجر گردیدکه همهٔ ذراتش کم و بیش دریك سطح درحرکت بوده‌اند .
علاوه براین ، چون یك‌پروسهٔ تمرکز بـا تجمع تدریجی مواد پراکنده به‌طور اجتناب‌ناپذیری شروع‌شده، بود موادمزبورابتدا به‌صورت اجسام نسبتاً کوچك خردسیارگان (Planetesimals) وسپس به‌شکل تشکیلات بزرگتری درآمدند که مراکزی برای تودهٔ مـواد شدند و در تحلیل آخـر ، مـوجب تشکیل سیارات گردیدند .

بیشترعلمای امروزی علم تکوین کیهان ، روی ساده‌ترین قوانین فیزیـك و شیمی تکیه می‌کنند و می‌کوشند که بـا محاسبه‌های مناسب ریاضی توضیح معقولانه‌ای راجع‌به‌ویژگیهای ساختمانی‌منظومهٔ شمسیمان، یعنی‌نظم حرکت سیاره‌ها وماهواره‌هایشان ، شکل مدارهایشان ، فاصله‌های میان ستاره‌ها ، ابعاد و جرم سیاره‌ها ، طرز توزیع گشتآور زاویه‌ای میان خـورشید و سیاره‌ها وغیره بیابند .

مطابقت دادن نتایج محاسبات تئوریك با نتایج حاصله از مشاهدات مستقیم ، معمولا به‌مثابهٔ محك درستی فرضیه‌های مورد نظرتلقی می‌شود. به‌علاوه فرضیه‌های کنونی راجع به‌منشأکیهان نباید باحقایق متعددزمین‌شناسی ، ژئوفیزیك وژئوشیمی که‌اکنون مسلم‌می‌باشند ، تناقض داشته باشند .

بدبختانه درمورد منشأ منظومهٔ سیاره‌ای، بااشکال می‌توان ازفرضیه‌های امروزی یکی را پیدا کردکه همهٔ این توقعات را برآورده کند.وضع‌دیگری که حل‌مسئلهٔ مارا بسیارمشکلتر می‌سازد این است‌که ما فقط دربارهٔ یك منظومهٔ شمسی ـ منظومهٔ شمسی خودمان ـ مفروضات واقعی کـم‌وبیش مفصلی داریـم . از این‌رو

ناچاریم که منشأ و تکامل اشیایی را در نظر بگیریم که فقط یك نمونهٔ منحصر به فرد آنها برای مطالعهٔ مستقیم ما موجود است و این برای ما مشکل است مشخص نماییم که کدام جنبه‌های آن وجه مشترك و شاخص همهٔ منظومه‌های سیاره‌ای است و کدام جنبه صرفاً اختصاصی یا تصادفی است. از این لحاظ، دانش شناخت منشأ سیارات عالم را هنوز نمی‌توان کاملا ساخته و پرداخته دانست.

اما اگر روی تطبیق نتایج بدست‌آمده از دانش شناخت منشأ سیارات عالم با نتایج تحقیقات ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی تکیه کنیم، تازه امکانی خواهیم یافت که دربارهٔ ترکیب شیمیایی سطح زمین و همچنین راجع به شرایط فیزیکی متداول آن در زمانی که تازه به‌صورت سیاره‌ای در آمده بود و هنوز حیات روی آن پدید نیامده بود، نوعی فرضیه مطرح نماییم.

برای نیل به‌هدف خود طبعاً باید توجه مخصوص خود را به‌عناصری معطوف نماییم که بعداً وارد ترکیب موجودات زنده و ترکیبات شیمیایی آنها شدند.

تشکیل پوستهٔ زمین

درفصل پیش نشان‌دادیم که ویژگیهای شیمیایی موجودات زنده برای شناخت طبیعت اصلی حیات چه اهمیت فوق‌العاده‌ای دارند. بایدماهیت ترکیبات شیمیایی‌را که زمینهٔ مادی حیات را می‌سازند بشناسیم. اما برای چنین شناختی تنها به‌تحلیل فیزیکی وشیمیایی ماده بنیادی زنده به‌صورتی که اکنون موجود است احتیاج نداریم. ما همچنین دربارهٔ راههای تشکیل ماده بنیادی زنده در شرایط طبیعی و در جریان پروسه تکامل سیاره‌مان به‌هنگامی که ترکیبات اصلی فوق‌العاده ابتدایی به‌تدریج وطبق قوانین فیزیك وشیمی تغییر می‌یافتند وپیچیده‌تر می‌شدند وخواص بازهم نوتری‌را

کسب می‌نمودند ، به‌معلوماتی نیازمندیم . تنها اگر بتوانیم این گونه بررسیها را انجام دهیم ، خواهیم دانست که چرا این ترکیبات ویژه‌اند ـ و نه ترکیبات دیگر ـ که مقام اصلی را در ساختمان ماده زنده‌دارند ؛ وچرا چنین است که در زندگی همهٔ موجوداتی که می‌شناسیم تنها این پروسه‌های ویژهٔ شیمیایی وفیزیکی اند که‌ادامه می‌یابند نه پروسه‌های ممکن دیگر . این‌امر برای‌شناخت طبیعت‌اصلی حیات‌درمقایسه بامعلومات ساده‌ما درباره‌اینکه‌اکنون درموجودات زنده‌چه‌رخ می‌دهد وچگونه‌رخ‌می‌دهد ، ممکن‌است حائزاهمیت کمتری نباشد .

موادآلی ، پایهٔ‌ساختمانی تمامی جمع کثیرموجودات‌زندهٔ معاصررا تشکیل می‌دهند . بدون آنها هیچ حیاتی نتواند بود ، زیراتنها تأثیرمتقابل منظم‌آنهاست که می‌تواند برای‌سازمانبندی دینامیک‌اجسام‌زنده به‌لحاظ زمانی ـ که اساس متابلیسم بیولوژیک است ـ شرایط لازم‌رافراهم‌آورد . ازاین‌رو می‌توانیم بفهمیم که چراباید مطالعه‌مان را دربارهٔ مسئلهٔ منشأ حیات برروی زمین ، بابررسی راههایی‌شروع کنیم که به‌وسیلهٔ آنها موادالی دربدوامر تحت شرایط طبیعی ساخته شدند. با وجوداین، ما در تلاش خود برای‌حل مسئله‌مان ممکن است توجه خویش را به‌بررسی این شرایطدروضع کنونیشان‌معطوف نماییم وآن‌وقت است که‌بامشکلی بزرگ ودرنخستین نگاه ناگشودنی روبه‌رو می‌شویم . مشکل ما این‌است : برسطح زمین‌ودرمرحلهٔ کنونی تکاملش ، موادآلی‌ای که‌ازلحاظ بیولوژی اهمیت‌دارند تنهابه‌وسیلهٔ موجودات زنده ساخته می‌شوند . مواد مزبور در نتیجهٔ پروسهٔ حیاتی سازمند و بسیارعالی تکامل یافته‌ای ساخته می‌شوند .

اکنون تقریباً همهٔ‌موادآلی ازراه فتوسنتز تولید می‌شوند. گیاهان سبز ، انرژی نور خورشید را به‌کار می‌برند و از هوا

دی‌اکسید کربن(CO_2) جذب‌می‌نمایند . آنها بدین‌سان ، همهٔ مواد آلی لازم برای زندگی ونمو را از این‌شکل غیرآلی کربن به‌وجود می‌آورند . جانوران این مواد را یا با خوردن خود گیاهان یا با تغذیهٔ موجودات گیاهخوار یا با تغذیهٔ اجساد یا بقایایشان ، ازگیاهان می‌گیرند . تدابیر تغذیه‌ای مشابهی نیز هست که‌به‌مثابهٔ منابع‌غذایی‌غیرآلی مورداستفادهٔ بیشترموجودات ذره‌بینی بیرنگ واقع می‌شوند وتنها عدهٔ کمی ازآنها می‌توانند ترکیبات آلی را خود به‌تنهایی واز راه شیمیوسنتز بسازندکه مانند فتوسنتز ، پروسه‌ای بیولوژیکی است .

بدین‌ترتیب تمام موجودات زندهٔ زمین به‌حساب‌ترکیبات آلی زیست خاسته‌که در جریان پروسه‌های حیاتی برخی از موجودات ساخته می‌شوند، زندگی می‌کنند. نه‌تنها مورد مزبور چنین است، بلکه حتی‌مواد آلی کانی، مانند نفت وزغال، ازآنجا که‌به‌طورعمده محصول تجزیه واستحالهٔ وسیع بقایای موجودات گذشته‌ای هستندکه‌درپوستهٔ زمین‌مدفون شده‌اند، اساساً ازلحاظ منشأ زیست خاسته‌اند .

دانشمندان اوایل‌این‌قرن ، براساس این‌دلایل به‌این‌نتیجه رسیدندکه موادآلی عموماًفقط تحت شرایط طبیعی وبراثرفعالیت موجودات زنده (ازراه‌زیست خاست) ممکن بود ساخته شوند .

این‌حقیقت‌که اکنون‌انسان‌می‌تواند چنین‌موادی رامصنوعاً بسازد بانظراین دانشمندان متناقض به‌نظرنرسید؛ زیرا انسان‌هم موجود زنده‌ای است. اویک‌رشته واکنشهایی را به‌وجود می‌آورد ازقبیل‌همانهایی که درموجودات زنده‌روی می‌دهند ولی درجهان غیرآلی‌وجودندارند (مخصوصاً به‌اظهارات رینکه مراجعه‌شود).

البته‌به‌نظرمی‌رسد که چنین‌فرضی ، مشکلی غلبه‌ناپذیردر راه‌حل مسئلهٔ منشأ حیات می‌نهد. انسان ضرورتاً باید تصورکند که موجودات زنده درنتیجهٔ تکامل تدریجی موادآلی سازنده‌شان

پدیدآمدند. اما اگر بپذیریم که این مواد فقط درشرایط طبیعیو درجریـان فعالیتهای حیاتی مـوجودات زنده ساخته می‌شوند ، خواه ناخواه به‌دور تسلسلی می‌افتیم که هیچ راه‌گریزی ندارد . ولی این مشکل تنهاهنگامی پیش‌می‌آید که‌تصور کنیم زمین‌همیشه مانند حال بوده است .

به‌عکس ، اگر بگوشیم که بادید وسیعتری بـه حل مسئله نزدیك شویم و آن را با توجه به معلومات خود در بارهٔ شرایط خارج از سیاره خودمان ، دراجرام سماوی دیگر ، موردبررسی قرار دهیم ، به نتیجهٔ دیگری خواهیم رسید .

اکنون به‌خوبی می‌دانیم که ساده‌ترین ترکیبات آلـی ، هیدروکربورها ونزدیکترین مشتقاتشان ، تقریباً درهمهٔ اجرام سماوی که‌مطالعه‌شان‌میسر است، پیدامی‌شوند. موادمزبوردر بیشتر این‌اجرام بی‌آنکه‌جزئیترین ارتباطی باحیات داشته‌باشندوتحت شرایطی که زیست خاست (Biogenesis) رامطلقاًمنتفی می کنند، باید به‌وجودآمده باشند . به‌ویژه ثابت‌شده است که در جوهای فروزان بسیاری‌از ستارگان وازجملهٔ آنها خورشید وهمچنین در ابرهای‌سردگازوغبار بین ستارگان‌فضاوبرسطح سیاره‌های‌بزرگتر واقمارشان، ودرجسم ستاره‌های دنباله‌دار وبالاخره، درشهابهایی که به‌زمین می‌افتند ، ترکیبات کربن وهیدروژن وجود دارند .

ازاین‌رو چنین‌پیداست که ساده‌ترین ترکیبات آلی بی‌آنکه به حیات بستگی داشته‌باشند (بیزیست خاسته) دراجسام‌بسیار متنوع عالم پدید می‌آیند . بسیار بعید است که سیاره ما نسبت‌به این قاعدهٔ عمومی استثنای محض باشد و مواد آلی هرگز به طور مقدماتی تشکیل نشده باشند. آیا عاقلانه‌تر نیست تصورشود که‌این‌پروسه نیزدر دوران ابتداییتر تاریخ‌زمین، درزمانی که‌زمین هنوز بی‌حیات بود، روی‌آن صورت می گرفته واینکه تنهابعدها بود که سنتز زیست‌خاستهٔ سریعترو وسیعتری بر آن‌سایه‌افکنده‌است؟

شواهد کیهانشناسی ومخصوصاً دلایلی که‌مستقیماً ازتحقیقات زمین شناسی گرفته می‌شوند، چنین فرضی‌راکاملاتصدیق‌می کنند.

یوری[۱] در کتاب جالبش به‌نام «سیاره‌هاومنشأ وتکاملشان» دربارهٔ پروسه‌هایی شیمیایی که بایستی هنگام تشکیل زمین و در مراحل‌ابتدایی موجودیت‌آن صورت گرفته باشند ، تحلیلی‌عمیق می‌کند . طبق‌نظریهٔ یوری امور اساسی زیر ، مرحلهٔ ابتدایی تاریخ شیمیایی زمین را مانند تاریخ سیارات دیگرمعین می کرد:

۱ . طرز انتشار عناصر درکیهان، مخصوصاً در ابرغبارو گازی که منظومهٔ شمسی ازآن ساخته شد ؛

۲ . درجهٔ حرارت‌متداول درمراحل مختلف‌تشکیل‌زمین؛

۳ . میدانهای جاذبهٔ سیاراتی که تشکیل شده‌بودند ؛

۴ . خواص موادشیمیایی سازندهٔ سیارات .

با بررسی ابرهای غبار و گاز موجودکنونی می‌توان ترکیب اصلی پیش‌اختری‌را استنتاج کرد که منظومهٔ شمسی‌ما از آن‌ساخته شد . گازاین ابرها به‌طور عمده حاوی هیدروژن‌است که به‌نظر می‌رسد کلا عنصرعمده کیهان باشد (درحدود ۹۰ درصد کل جرم آن) . هلیوم وگازهای خنثای دیگری نیز در این توده‌های غبار و گاز ـ اما به‌مقادیر کمتر ـ موجودند . بقیهٔ عناصر ، مانند کربن ، نیتروژن ، اکسیژن ، آهن ، کلسیم ، سیلیسیم وغیره فقط چند هزارم یا چند ده هزارم درصدکل جرم توده‌های گاز وغبار وحتی‌کمتر از این را نیز تشکیل می‌دهند .

تنها موادی که در درجهٔ حرارت بسیارپایین، نزدیک‌صفر مطلق ، که‌درآن زمان‌معمول‌بود و به‌صورت گازمی‌توانستندوجود داشته باشند عبارت بودند ازهیدروژن، گازهای خنثاوترکیبی از

---

1. Urey (Harold C.) *The planets, their origin and development*. New Haven, Conn. Yale University Press, 1952.

هیدروژن و کربن، یعنی متان (CH_4) که به‌میزانی وسیع در توده‌های گاز وغبار پخش شده‌اند . ترکیبات عناصر دیگری که در حالت جامد و به‌شکل ذراتی از فلزها واکسیدهایشان ساخته شده‌اند نیز مانندآب (به‌شکل یخ یاهیدراتها)، سیلیکاتها، ترکیبات گوگرد و نیتروژن و غیره درتوده‌های غبار و گاز وجود دارند .(بشکل ۲ درآخر کتاب مراجعه شود)

پس‌ازآنکه خورشید خود ستاره‌ای نورانی گردید و ابر پیشسیارهٔ دیسك مانندی به‌وجودآمد ، مناطق مختلف آن درجات حرارت متفاوتی یافتند . درجات حرارت ناشی از تشعشع خورشید در فواصل مختلف آن تقریباً همان اندازه بود که اکنون هست .

ازاین‌رو ، براثر نزدیکی نسبی زمین به‌خورشید، ممکن نبود که‌گازهای آزادی همچون هیدروژن، هلیوم، و نئون درمنطقه‌ای بمانندکه زمین درآن تشکیل شده بود . قسمت قابل ملاحظه‌ای از این گازها توسط زمین، درجریان تشکیل آن ضایع گردید. این امر درموردمتان نیز که درابر گاز وغبار اصلی وجودداشت، صادق بود . بخش بسیار بیشتر این گاز بایستی از حوزهٔ تشکیل زمین ناپدید شده و درقسمتهای سردتر ابر پیشسیاره جمع شده باشد و برسطح سیاره‌های بزرگی که درآنجا تشکیل می‌شدند ، درجایی که ما درواقع مقدارهنگفتی از این هیدروکربورها را می‌یابیم، فرود آمده باشد . از طرف دیگر ، قسمت عمدهٔ مواد غیر فرار ابر پیشسیاره ابتدایی بایستی برای ساختن خرد ـ سیارگانی (Planetesimals) مانده باشدکه درمنطقهٔ زمین تشکیل شدند . این‌امر نیزاین واقعیت راروشن می‌سازدکه ترکیب زمین ازلحاظ عناصرسنگین ، مانند ترکیب خورشید است . برعکس ، با وجود اینکه خورشید و زمین مثل همدیگر از یك قسم ماده اصلی پدید

آمدند، مقادیر هیدروژن، هلیوم و دیگر گازهای خنثای روی زمین به‌مراتب کمتر از مقادیر آنها در روی خورشید است .

این عقیده اکنون پیروان بسیاری دارد که سیاره مادر درجهٔ حرارتی نسبتاً پایین بر اثر جمع شدن اجسامی جامد و سرد تشکیل شده است ؛ اجسامی که از لحاظ ترکیب با هم متفاوت بودند و دارای مقادیر مختلفی آهن و سیلیکاتها بودند ولی همه‌شان ترکیبات فرار و از نظر شیمیایی خنثا را فاقد بودند . به‌طور کلی ، ترکیب شیمیایی این اجسام بایستی به‌ترکیب متوسط سنگهای شهابی کنونی بسیار شبیه بوده باشد .

تفاوتهای موجود در ترکیب و چگالی مواد جامدی که زمین از آنها تشکیل یافت به‌علت ناهمگنی بخش درونی بود که در جریان تکامل بعدی زمین متظاهر شد . این تکامل عموماً با گرم شدن تدریجی و موضعی سطح سیاره همراه بود و به‌طور عمده بر اثر تجزیه عناصر رادیواکتیو درداخل زمین صورت گرفت .

وقتی که این گرم شدن چندسالی ادامه یافت و درجهٔ حرارت بخش درونی زمین به ۱۰۰۰ درجهٔ سانتیگراد یا بیشتر رسید ، قسمتی از سنگهای جامد آن ذوب شدند . بر اثر فشار زیاد داخل زمین ، مواد درونی آن از نو توزیع شدند و مواد سنگینتر دارای آهن فراوان درجهت مرکز فرو نشستند درحالی که سیلیکاتهای سبکتر به‌سوی سطح بالا آمدند . بدین‌سان ، با «ذوب و تفکیك» ترکیباتی از طبقات سطحی زمین که آسانتر ذوب می‌شدند پوستهٔ زمین یا لیتوسفر درسطح کره زمین تشکیل شد . این پروسه در طول تمام دوره‌های زمین‌شناسی ادامه داشته است و هنوز نمی‌توان آن را پایان یافته دانست .

امروز پوستهٔ زمین غشایی از بازالت و گرانیت است که روی آن‌را پوششی از سنگهای رسوبی گرفته است. در زیر پوستهٔ زمین ،

به‌اصطلاح جبهٔ زمین قرار دارد که از مواد اولترا بازیك Ultrabasic material پر از سیلیسیم (دونیتها Dunites) ترکیب یافته است. غشای گرانیتی درحدود نصف سطح زمین را می‌پوشاند و در زیر قاره‌ها به‌حداکثر ضخامت خود می‌رسد درصورتی که درته‌اقیانوس آرام وجود ندارد. غشای بازالتی (Basaltic envelope) که در زیر آن قرار دارد ، تمام کرهٔ زمین را می‌پوشاند ؛ اما این نیز در زیر اقیانوسها نازك است. ا. وینوگرادف براساس آزمایشهای خود دربارهٔ ذوب منطقه‌ای کندریتها یا سنگهای شهابی معتقد شد به‌اینکه دونیتهای جبه زمین باقیمانده‌های «ذوب وتفکیك» مواد ابتدایی زمین هستند که ازلحاظ ترکیب شبیه کندریتها[۱] بوده‌اند.

۱. درنخستین سمپوزیوم بین‌المللی اتحادیهٔ بین‌المللی بیوشیمیستها راجع به‌منشأ حیات در روی زمین ، که در سال ۱۹۵۷ در مسکو برگزارشد ، ا. وینوگرادف A. Vinogradov دانشمند اتحاد شوروی درسخنرانیش تحت عنوان «منشأ بیوسفر» به‌آزمایشهای خود دربارهٔ ذوب منطقه‌ای سنگهای شهابی یا کندریتها اشاره کرد . او خاطرنشان ساخت که توجهٔ خودرا به‌این واقعیت معطوف داشته‌بود که ترکیب شیمیایی کندریتها با ترکیب شیمیایی سنگهای اولترا بازیك‌درون‌زمین که‌شاخصشان‌دونیتها هستند اختلاف‌فاحش‌دارد واین اختلاف دراین است که کندریتها حاوی مقدارزیادی‌عناصرشیمیایی اند که درسیلیکاتهای‌مذاب به‌سادگی به‌تحرك‌درمی‌آیند . اومی‌گوید که اگرمیله‌ای را که ازمواد یك سنگ شهابی ساخته شده است‌در حدود درجهٔ ذوب‌آن طوری گرما دهیم که فقط باریکه‌ای از آن ذوب‌شود وبعداً منبع حرارت را به‌تدریج در امتداد تمام طول میله نقل‌مکان دهیم ، واین عمل‌را چندین‌بارتکرار کنیم مشاهده‌خواهیم کرد که قسمت‌مایع آن مکرراً درطول میله سیر می‌کند . در نتیجهٔ این امر ، دریکسر میله موادی جمع‌می‌شوند که درجهٔ حرارت‌تبلور گدازهٔ سیلیکات راپایین می‌آورد ، در صورتی که در انتهای دیگر موادی خواهیم داشت که درجهٔ حرارت تبلور آن رابالاترمی‌برند.

ذوب و تکفیک سنگهای سبک بازالتی از تودهٔ جبه تحت تأثیر گرمای پرتو خاسته (Radiogenic) بایستی باآزاد شدن بخارها وگازهای مختلف همراه بوده باشد. این‌امر یابه‌علت آن بود که ترکیبات مزبور براثر افزایش درجهٔ حرارت بـه‌صورت گاز در آمده بودند یابدین‌جهت که پروسه‌های‌رادیواکتیویته، تشعشعی‌ـ شیمیایی‌یاشیمیایی که درپوششهای جامد زمین ادامه داشتندموجب تشکیل مواد مزبور شدند .

تکامل تدریجی اتمسفر وهیدروسفر

بدین‌ترتیب، تشکیل پوششهای‌آبی وگازی‌زمین(هیدروسفر واتمسفر) ازهمان‌آغاز باپروسه‌هایی که درلیتوسفر روی‌می‌دادند، ملازمت بسیار دقیقی پیدا کرد .

مقدارآب سطح زمین در زمان مورد بحث، بایستی بسیار کمتر از مقدارکنونی آن بوده باشد. یوری تصور می‌کند که‌فقط درحدود یك‌دهم مقدارآبی که اکنون درردریاهاواقیانوسها موجود است، در روی زمین ابتدایی وجود داشته است . بقیهٔ آب، بعداً پدیدآمد ـ یا با تشکیل لیتوسفر متدرجاً از سیلیکاتهای هیدراته یـا به‌طورکلی ، از آب ترکیبی ساختمان بخش درونـی زمین آزاد شد .

هرچند که زمین قسمت بیشترهیدروژن منطقهٔ ابرپیشسیارهٔ خودرا درجریان تشکیل از دست داد، وفور هیدروژن درمواردی که زمین در اصل ازآنها تشکیل یافت ، تأثیرقابل ملاحظه‌ای در ترکیب این سیاره ، به‌ویژه درترکیب اتمسفر آن داشت . حتی

پانویس: وینوگرادف از آزمایشهایش به‌این نتیجه می‌رسد که «دونیتهای سازندهٔ جبهٔزمین باقیماندهٔذوب وتفکیك‌مواد زمینی‌اندکه‌ترکیبشان مشابهٔ ترکیب کندریتها بوده» ـ م.

پس از آنکه زمین مقدار زیادی از هیدروژن آزاد خودرا ازدست داد ، بایستی مقدار زیادی از این عنصر را به‌صورت ترکیبات مختلف حفظ نموده باشد . بسیاری از این ترکیبات درجریان تشکیل زمین متصاعد شدند تا اتمسفرزمین تشکیل شد وبدین‌سبب اتمسفر احیاکننده‌ای قوی گردید .

اتمسفر کنونی ما ، برعکس به‌وفور اکسیژن آزاد معروف است؛ وازاین‌رو به‌وضوح اکسیدکننده‌است. امافراوانی اکسیژن گازی ، تنها این اواخر پس از پیداشدن حیات در روی زمین، بایستی‌حاصل‌شده باشد. اگردرمراحل ابتدایی عمرزمین‌اکسیژن آزادی دراتمسفر آن وجود داشته فقط مقدار بسیار کمی بوده‌است.

اکسیژن آزاد می‌توانست ازراه بی‌زیست‌خاست، درنتیجهٔ واکنشهای‌تشعشعی-شیمیایی، بویژه‌براثر تجزیهٔ‌آب‌صورتبندیهای صخره‌ای به‌وسیلهٔ اشعهٔ آلفا ، به‌وجودآید . اما اکسیژن‌آزاد‌که براثرقدرت فعالیت شدیدش ، درجریان عبور ازتودهٔ پوستهٔ زمین مواد مختلف اکسید نشده‌آن‌را اکسید می‌کرد ، ممکن بود فقط مقادیر ناچیزی ازآن به‌سطح زمین برسد. گازی‌که براثر تجزیهٔ تشعشعی‌آب موجود درصورتبندیهای صخره‌ای‌آزاد می‌شد اتمسفر را بیشتر با هیدروژن اشباع می‌ساخت تا با اکسیژن . اکسیژن آزاد می‌توانست درطبقات خارجی اتمسفرنیز براثر تجزیهٔ فتو-شیمیایی بخارآب به‌وسیلهٔ اشعهٔ ماوراءبنفش، یعنی ازراه بی‌زیست خاست به‌وجودآید. هیدروژن‌گازی که‌بدین‌سان تولید می‌گردید، به‌فضای بین سیارات می‌رفت. زیرانیروی جاذبهٔ زمین‌نمی‌توانست آن‌را نگه‌دارد . ولی‌چون اکسیژن آزاد در اتمسفر باقی می‌ماند وآب اقیانوسها آن‌را جذب می‌کرد ، هرگز نمی‌توانست غلظت قابل ملاحظه‌ای پیداکند. اکسیژن درآب اقیانوسها نمکهای‌احیا شدهٔ‌آهن راکه آزادانه حل می‌شدند ، اکسید می‌کرد ونمکهای

اکسید شده‌ای تشکیل مـی‌داد که تـه‌نشین می‌شدند و بـه‌تدریج رسوبهای عظیمی ازسنگهای آهن بسیارقدیمی می‌ساختند .

امروزه تردیـدی نمی‌توان داشت که جـرم قابل ملاحظهٔ اکسیژن آزاد اتمسفر ، همان‌طـور که می‌دانیم ، از زمـان پیدا شدن حیات درروی زمین به‌بعدخاستگاه حیاتی داشته وبافتوسنتز به‌وجودآمده است. باوجود این، حتی حالا هم که اتمسفر به‌طور ثـابت بـه‌وسیلهٔ گیاهان سبز از اکسیژن آزاد پرمی‌شود ، تنهـا خارجیترین غشای پوستهٔ زمین است که کاملا اکسید شده است . طبقات عمیقتر هنوزهـم دریك حالت احیای شدیدی هستند و از این‌رو بسیارفوری با اکسیژن ترکیب می‌شوند . این امر را از شواهد جاری می‌توان دریافت که گدازه‌های آتشفشانی و بازالت به‌رنگ سیاه ، سبزیا خاکستری‌اند ؛ واین نشان می‌دهد که مواد مزبور دارای آهنی بـه صورت اکسید ناقص هستند و حال آنکه سنگهای رسوبی، مانند رس وماسه، سرخ‌رنگ‌اند زیراآهن آنها کاملا اکسید شده است .

بدین‌سان می‌توانیم بـا چشمان خویش ببینیم که چگونـه اکسیژن اتمسفر به تدریج که سنگهای آذرین به‌سنگهای رسوبی تبدیل می‌شوند . جذب می گردد . و نیز می‌بینیم که تنها پروسهٔ مداوم فتوسنتز است که اکنون ادامه دارد و جا به‌جایی این گاز را در اتمسفر زمین تضمین می کند . طبق محاسبه‌های گلد شمیت V. Goldschmidt اگر اکنون همهٔ گیاهان روی زمین نـاگهان نابود گردند ، اکسیژن آزاد اتمسفر درعرض چند هزار سال از میان می‌رود که ازلحاظ زمین شناسی زمان بسیارکوتاهی است . اکسیژن آزاد ، در این صورت ، به‌وسیلهٔ مواد سنگهایی جـذب خواهد شد که کاملا اکسید شده نباشند .

گازمهم دیگری که اکنون دراتمسفروجود دارد، نیتروژن

است . این گاز ابتدا بایستی به‌شکل احیا شده‌اش آمونیاك بوده باشد که ترکیبی از نیتروژن وهیدروژن است . مابرای این‌تصور که درمادهٔ جامدی که زمین از آن ساخته شد ، نیتروژن به‌طور عمده به‌صورت ترکیبهای فلزییش ، نیترورهای فلزی یابه‌صورت ترکیبهای آمونیاکی بوده ، دلایل‌کافی داریم . وجود نیترورها درپوستهٔ زمین توسط این حقیقت تأیید شده است که زمین‌شناسان مواد مزبور را درآن یافته‌اند . این مواد همچنین درگدازه‌های آتشفشانی پیدا می‌شوند. نیترورها درجریان تشکیل پوستهٔ زمین بایستی باآب ساختمانی درون زمین‌تولید واکنش شیمیایی‌نموده باشند وآمونیاکی که‌بدین‌سان درست می‌شد ازسطح زمین به‌داخل اتمسفر رها می گردید . زمین‌شناسان نمکهای آمونیاکی را نیز درلیتوسفر می‌یابند . درگازهای آتشفشانی و درگازهایی که از چشمه‌های گرم متصاعد می‌شوند می‌توان مقادیر قابل ملاحظه‌ای آمونیاك پیدا کرد که محققاً منشأ حیاتی ندارند .

نیتروژن ملکولی آزاد اتمسفرمابدون شك به‌طورثانوی و به‌واسطهٔ اکسیدشدن‌آمونیاك پدیدآمده است. ورنادسکی‌نیز نشان داده است‌که مقدارقابل ملاحظه‌ای ازنیتروژن‌آزاد اتمسفر بایستی به‌صورت زیست‌خاسته، یعنی درنتیجهٔ فعالیتهای حیاتی‌موجودات زنده به‌وجود آمده باشد .

سولفورهای فلزی پوستهٔ زمین ، مانند نیترورها ، منابع هیدروژن سولفوره بوده که گازی است بابوی تند وازهیدروژن و گوگرد ترکیب‌شده است. این گازهمچنین بایستی‌دراتمسفر احیا کننده ابتدایی زمین موجود بوده باشد .

تشکیل‌هیدروکربورها و نزدیکترین مشتقاتشان هنگام به‌وجود آمدن زمین وآغاز موجودیت‌آن

برای رسیدن به مقصود ، مخصوصاً به طبیعت ترکیباتی

علاقمندیم که کربن برای نخستین بار در وجود آنها روی زمین ظاهرشده زیرا این‌عنصر اساس همهٔ ترکیبات آلی را، بدون‌استثنا تشکیل می‌دهد .

همان‌طور که قبلا نشان دادیم، هیدروکربور ابتدایی ابر پیشسیاره ــ متان ــ بایستی زمین را با ترك منطقهٔ تشکیل آن رهاکرده باشد . شاید فقط جزء اندکی ازآن به‌واسطهٔ انضمامش به صورتبندیهای مختلف درون خود سیارگانِ ابقا شده باشد . اشکال پایدارتری که ممکن است کربن بدان صورتها در اجسام سخت تشکیل دهندهٔ زمین ابقاشده باشد، ترکیبات کربن بافلزها (کربورها) و گرافیت است. اما این مواد را درترکیب سنگهای شهابی که ازلحاظ ترکیب شیمیایی باترکیب مواد سازندهٔ زمین مطابقت دارند، می‌یابیم. ذکر این‌نکته جالب است که کربورهای طبیعی در واقع امر، ابتدا دریك سنگ معدنی دارای خصوصیات سنگهای شهابی ، یعنی کوهنیت Cohenite که از لحاظ شیمیایی ترکیبی ازکربن ،آهن، نیکل وکبالت است، کشف شدند . تنها بعدها بودکه کوهنیتهایی از منشأ زمینی پیدا شدند. اینهابعضی‌از ترکیباتی هستندکه‌ازعمیقترین‌طبقات پوسته‌زمین گرفته می‌شوند. کوهنیتها بدون شك بایستی درجریان تشکیل خود برآب درون زمین تأثیرکرده متان وهیدروکربورهای دیگررا به‌وجودآورده باشند. این گازها به‌تدریج در اتمسفرزمین انباشته شدند ؛ زیرا به‌محض آنکه زمین تشکیل شد، درمیدانِ جاذبه‌اش قرارگرفتندو راه گریز به‌فضای بین سیارات را نداشتند.

راههای دیگری هم‌برای به‌وجودآمدن هیدروکربورها در جریان تشکیل پوستهٔ زمین می‌توان تصورکرد. این مواد به‌ویژه ممکن بود که براثر احیای مستقیم گرافیت به‌وسیلهٔ هیدروژن آزادی که از تجزیهٔ شیمیایی‌ــ تشعشعی آب حاصل می‌شد به‌وجود آیند. بعضی ازمصنفان به‌این‌امکان اشاره می کنندکه متان‌ابتدایی

پیشسیارهٔ دیسك مانند، ممکن است ابتدا به‌دام صخره‌ها افتاده و بعدها به‌بیرون رانده شده باشد.

بدین‌سان شواهد علم تکوین سیارات با نتایج بررسیهای ژئوشیمی‌معاصر توافق‌کامل دارد ومارا به‌این نتیجه هدایت‌می‌کند که روی‌زمین، مانند‌اجرام سماوی‌دیگر، تشکیل‌هیدروکربورها و نزدیکترین مشتقاتشان‌که ساده‌ترین مواد آلی هستند، از راه بی‌زیست‌خاست نه‌تنها امکان داشته است، بلکه باید صورت‌گرفته باشد. تنها مسئله‌ای‌که اکنون مطرح است این است‌که در زمان تشکیل زمین و درجریان دورهٔ بعدی موجودیت‌آن‌کدامین روش از راههای بی‌زیست‌خاست هیدروکربورها، بیش‌ازهمه شایع بود. اکنون هیچ‌گونه‌تردیدی نمی‌توان‌داشت‌که چنین بی‌زیست‌خاستی بایستی روی داده باشد. این امر به‌وسیلهٔ بسیاری از مشاهدات مستقیم زمین‌شناسی تأیید شده است.

همان‌طور که قبلا‌نشان دادیم، تشکیل‌پوستهٔ زمین راکه از آغاز موجودیت‌ان شروع شد، حتی اکنون نیز‌نباید پایان یافته دانست. از این رو می‌توان امیدوار بود‌که در عمیقترین طبقات لیتوسفر که شرایط احیاکنندگی برآن حکمفرماست، پروسهٔ تشکیل ابتدایی بی‌زیست خاسته هیدروکربورهاکشف شود. در حقیقت، این‌امیدواری به‌جاست. وجود‌تعدادی‌ازسنگهای گازدار، سنگهایی‌که تشکیلشان رابطه‌ای مستقیم با مواد رسوبی ندارد، امکان بی‌زیست خاست هیدروکربورها را در شرایط‌کنونی مدلل می‌دارد. ازاین قبیل‌گازها، مثلا هیدروکربورهای گازی هستند که درسنگهای بلورین دریاچه هورن‌کانادا، یا حوزهٔ اوختا در اتحاد جماهیر شوروی ایجاد شده‌اند. انتشارات‌گازی‌که اخیراً درکوههای خیبینی Khibiny، واقع در شبه جزیره کولاکشف گردید، ازاین‌لحاظ حائزاهمیت ویژه‌ای است. تحقیقی‌که‌به‌عمل آمده است نشان می‌دهد‌که گازهای مزبور حاوی متان وهیدرو-

کربورهای سنگینترند. آزمایشهایی فوق‌العاده مفصل، در بارهٔ کیفیتهای‌فیزیکوشیمیایی وژئوشیمیایی، به‌طورقطعی‌نشان‌می‌دهند که این‌گازها ازماگما۱ تولید شده بودند.

تعداد مواردی‌که نفت در سنگهای آذرین یا دگرگونی (Metamorphic) پیدا شده، این اواخر به‌مراتب بیشترشده‌است. اما ازآنجاکه این اکتشافها بسیار به‌ندرت اهمیت صنعتی دارند و مقدارموجودشان ناچیز است، زمین‌شناسان و نفتگران توجه بسیارکمی به‌آنها نموده‌اند. با این حال، این قبیل اکتشافها در بسیاری از کشورها صورت‌گرفته است و شماره‌شان به صدها می‌رسد. بویژه، هیدروکربورهای مایع و گازی نیز بـه‌صورت لکه‌ها و انتشارات ناچیزی درسوراخهای بسیار عمیق شکافها، و درون سنگهای بلورین، و دگرگونی بیخ‌آنها، یعنی درجاهایی که سنگهای رسوبی به‌سختی می‌توانستند بدانها برسند پیـدا شده‌اند.

بنابراین، گرچه نفتی‌که از سنگهـای رسوبی استخراج می‌شودآثاری واضح از منشأ حیاتی خویش نشان می‌دهد، اما بر پایه حقایقی‌که اکنون می‌شناسیم، به‌هیچ وجه دلیلی برای انکار این امر وجود نداردکه نفت هنوز هم، ولو به‌مقیاسی محدود، ممکن‌است به‌راه غیرحیاتی درحال تشکیل باشد.

پیش از پدیدآمدن حیات، این اعمال تنها وسایل تولیـد ترکیبات‌آلی بوده‌اند. اما باپیدا شدن حیات، وسایل نو وبسیار مؤثرتر سنتز ترکیبات‌آلی، بویژه فتوسنتزی پدید آمدکه نور خورشید، این منبع تمـام نشدنی انرژی را مورد استفاده قرار می‌داد. در نتیجهٔ این امربخش قابل ملاحظه‌ای ازکربن روی

---

۱. Magma – درزمین‌شناسی گدازه‌های‌خمیریشکل‌درون‌زمین‌راکه پس ازانجمادبه‌سنگهای‌آذرین تبدیل‌می‌شوند، ماگمامی‌نامند ـ م.

زمین به‌اعمال حیاتی کشانیده شد و شیوۀ کهن تشکیل بی‌زیست‌خاستۀ هیدروکربورها اهمیت خود را از دست داد؛ به‌طوری که اکنون تنها با اشکال می‌توان آثار ضعیفی از آن پیدا کرد. با وجود این، تشکیل بی‌زیست‌خاستۀ هیدروکربورها اصولاً بازهم رخ می‌توانست داد؛ واین در گذشته، تنها طریق تشکیل هیدروکربورها بود.

به‌این ترتیب در مورد طریقۀ تشکیل سیارۀ ما و در مورد پروسه‌های بعدیی که برسطح آن روی می‌دادند تمام‌شواهدموجود و نیزمشاهدات مستقیم ژئوشیمی‌وزمین‌شناسی، مارا متقاعدمی‌سازد که ازهمان پیشینترین دوره‌های تشکیل سیاره، یعنی بسیار پیش ازپیدا شدن حیات در روی آن، متان و هیدروکربورهای مختلف دیگری به‌راههایی غیرحیاتی و شیمیایی صرف ساخته می‌شدند و برسطح زمین، در پوسته‌اش، در هیدروسفرش، و اتمسفرش جمع می‌گشتند.

تکامل بعدی مواد آلی

امروزه شیمی آلی را شیمی هیدروکربورها و مشتقاتشان می‌دانند. زیرا این‌ترکیبات دارای‌امکانات شیمیایی شگفت‌انگیز و بی‌مانندند. درطی چند هزارمیلیون‌سالی که ازتشکیل زمین تا پدیدآمدن حیات در روی آن گذشت، بی‌تردید هیدروکربورها در سطح زمین متحمل بسیاری از این واکنشهای ممکن گشتند. هیدروکربورها نمی‌توانستند مدتی دراز تغییر ناپذیر بمانند؛ بلکه ناگزیر بودند که هم باخودشان وهم‌بامواد دیگرپیرامونشان در واکنشهای شیمیایی وارد شوند ویک‌دسته ترکیبات آلی‌پیچیدۀ به‌کلی مغایر با مواد دنیای غیرآلی بسازند. همین امر موقعیت خاصی از لحاظ پدیدآمدن حیات، بدانها داد. زندگی تنها در جریان یک‌پروسۀ افزایش منظم‌پیچیدگی ترکیبات آلی‌می‌توانست

پدیدآید وبدون موادآلی حیات هرگز امکان تکوین نداشت ، هرچندکه از لحاظ نظری می‌توانیم اشکال بسیار پیچیدهٔ دیگر سازمانبندی وحرکت ماده را تصورکنیم که پیداشدن آنها مبتنی براساسی کاملا متفاوت و به‌راههایی مغایر با اساس و راههای پدید آمدن حیات باشد . اما ، چنین فانتزیهای تهورآمیز (و معمولا بی‌پایه) ای ، همان‌طورکه درفصل اول نشان داده شد ، از حوزهٔ علاقهٔ ما بسیار بدورند.

رد واثر تکامل تدریجی مواد شیمیایی‌راکه درجریان چند هزارمیلیون سالی‌که پیش ازمسکون شدن زمین توسط موجودات زنده ادامه داشت ، چگونه می‌توان دنبال کرد ؟

با نظر اول ممکن است چنین بنمایدکه ساده‌ترین و امید بخشترین نحوهٔ نزدیك شدن به‌حل‌مسئله، راه تحقیقات شیمیایی به‌منظورکشف‌ومطالعهٔ مواردداستحالهٔ بی‌زیست‌خاسته‌ترکیبات‌کربن باشدکه درزمان حاضرتحت شرایط طبیعی ولی‌بدون وجودحیات ادامه می‌یابند. یعنی‌درست همان‌طوری‌که تشکیل‌هیدروکربورها را درجریان تشکیل‌پوستهٔ زمین بررسی‌کردیم .

چنین بررسیهایی البته اطلاعات ارزشمندی به‌ما می‌دهند ، اما باید این حقیقت را به‌خاطر داشت‌که حیات پس از آنکه در زمانی پدیدآمد، بسیاری ازشرایط حاکم برروی زمین راازریشه دگرگون ساخت . اکنون مشاهدهٔ مستقیم بسیاری از پدیده‌هایی که درگذشته معمولاروی سطح زمین روی می‌دادند ناممکن‌است، درحالی‌که از سوی دیگر، پروسه‌های نوی را می‌توان یافت‌که هنگامی‌که زمین فاقد حیات بود وجود نداشتند .

بنابراین حق‌نداریم که‌کشفیات معاصرژئوشیمی‌را به‌دوران دورآغازهای سیاره‌مان به‌طور مکانیکی منتقل‌کنیم . ما باید با استفادهٔ وسیع از تجربهٔ آزمایشگاهی وکوشش برای باز ساخت

مصنوعی پدیده‌هایی که زمانی برسطح زمین رخ می‌دادند و درعین حال با بررسی استحاله‌هایی که موادآلی درآن شرایط متحمل می‌شدند ، کشفیات مزبور را به‌میزان قابل ملاحظـه‌ای تصحیح بنمائیم .

تنها مقدار کمی ازهیدروکربورها که از راه بی‌زیست‌خاست درلیتوسفر تولیدشده بودند، می‌توانستند مدت‌درازی‌در ترکیبات اولیه باقی بمانند. تمام ترکیبات فرار کربن، همان‌طور که‌هنوز هم درمورد گازهای سوخت طبیعی دیده می‌شود، بایستی به‌تدریج ازپوستهٔ زمین به‌داخل اتمسفر رها شده باشند .

همان‌طور که قبلا نشان دادیم، اتمسفرزمین پیش‌ازپیداشدن حیات ازاین‌لحاظ که طبیعتاً احیاکننده بود، با اتمسفری‌که فعلا هست فرق اساسی داشت . بنـابراین تنهـا قسمت بسیارکمـی از هیدروکربورهایی که به‌اتمسفرمی‌رفت‌می‌توانست به‌وسیلهٔ‌اکسیژن ملکولی اکسیدشود و درنتیجه منوا کسیدکربن (CO) یاحتی‌اسید کربنیك (CO_3H_2) ساخته شود . اما حتی اگر اسیدکربنیك هم تشکیل می‌شد، امکان نداشت‌که در اتمسفر اولیهٔ زمین به‌مقـدار قابل ملاحظه‌ای جمع شود . زیرا پس‌از ایجاد واکنشهایی بـا سیلیکاتهای لیتوسفر به‌شکل کربناتها در پوستهٔ زمین بود کـه رسوب می‌کرد و رسوبهای این ماده می‌بایستی بسیارپیش ازپیدا شدن حیات پدید آمده باشند . ولی پس از پیدا شدن حیات بـود کـه تشکیل کربناتها مخصوصاً به‌شدت صورت گرفت و اکنون ذخایر عظیمی از سنگهای کربناتی هست‌که درجریان کلیهٔ انواع پدیده‌های آتشفشانی منابع تولیـد مجدد دی‌اکسیدکربن (CO_2) اتمسفر هستند .

قسمت بیشترهیدروکربورهایی که ازلیتوسفرخارج می‌شد، درسطح زمین بابخارآب، آمونیاك، هیدروژن سولفوره، و دیگر

گازهای اتمسفر احیاکننده‌اش واردکنش و واکنش می‌شد . این فعل وانفعالها به‌کمك تشعشع موج‌کوتاه ماورای بنفش خورشید بسیار تسهیل می‌گردید . زیرا در آن زمان معمولا می‌توانست عمیقاً به‌داخل اتمسفر نفوذکند . اکنون سطح زمین از تأثیر این تشعشعها به وسیلهٔ سپر به‌اصطلاح «تور ازنی (Ozone screen)» حمایت می‌شود. در ارتفاع حدود ۳۰ کیلومتری اتمسفر کنونی لایه‌ای از ازن وجود داردکه در نتیجهٔ تأثیر نور ماورای بنفش براکسیژن ملکولی پدید آمده است . این قشر تمام بخش موج کوتاه نور بنفش راجذب می‌کند. واضح‌است‌که باوجوداتمسفری احیاکننده، ونبودن‌اکسیژن‌ملکولی، توراز نی‌درمیان‌نمی‌توانست بود و این امر در اتمسفر ابتدایی برای واکنشهای فتوشیمیایی که هیدروکربورها استعداد آنها را داشتند شرایط مساعدی به‌وجودآورد .

دومین منبع مهم انرژی برای استحالهٔ شیمیایی‌آلی و بی‌زیست‌خاسته ممکن‌است تخلیه‌های الکتریکی‌خاموش وجرقه‌زا بوده باشدکه درگذشته صورت می‌گرفت واکنون نیز دراتمسفر ادامه دارد (بیشتر به‌شکل‌آذرخش).

درسالهای اخیر، مطبوعات علمی‌انجام‌کارهای بسیارزیادی را به‌اطلاع عموم رسانیده‌اند . با این آزمایشها تلاشهایی شده است تاشرایطی راکه می‌بایست دراتمسفر ابتدایی حکمفرمابوده باشند وواکنشهای‌شیمی‌آلی‌راکه درآن‌شرایط صورت‌می‌گرفتند، ازنو درآزمایشگاه ایجادکنند .

بدین طریق نشان داده شده‌است‌که تحت تأثیرنورماورای بنفش یاتخلیه‌های خاموش، حتی‌گاز نسبتاً خنثایی همچون متان هم می‌تواند به‌مثابهٔ منبع مصالح تشکیل ترکیبات‌آلی متعددی از جملهٔ مشتقات اکسیژن‌دار ، نیتروژن‌دار، گوگرددار و فسفردار

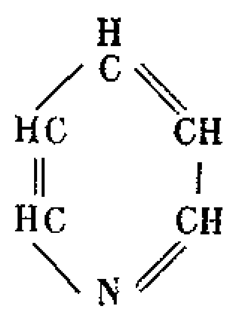
به‌کار آید که ممکن‌است آلیفاتیک۱، آروماتیک۲، یاهتروسیکلیک۳، باشند .

---

۱. Aliphatic Compounds . ترکیبات الیفاتیک به‌آن دسته ازترکیبات آلی گفته می‌شود که رشتهٔ اتمهای کربن آن باز است ؛ مثل پارافینها به‌فرمول C_nH_{2n+2} ، اولفینها Olefins بــه فرمول C_nH_{2n} واستیلنها Acetylenes به‌فرمول $C_n H_{2n-2}$ و مشتقات آنها . الیفاتیک ازکلمهٔ یونانی Aleiphar به‌معنای چربی گرفته‌شده است . این‌ترکیبات را بدین‌علت به‌این‌نام نامیده‌اندکه ابتدامعلوم‌شدکه اسیدهای آلی ، الکلها ، اترها ، واترسلها، رابطهٔ نزدیکی با چربیها دارند ــ م .

۲. Aromatic Compounds . ترکیبات آروماتیک یا ترکیبات معطر ، نام یك‌دسته ازمواد آلی است که ملکول آنهادارای یك یا چندحلقهٔ شش کربنی معروف به‌حلقهٔ بنزن Benzene است . این دسته مواد ازبنزن‌مشتق می‌شوند وچون اکثرآنها معطروبودارند، بدین‌نام نامیده شده‌اند ــ م.

۳. Heterocylic Compounds ـ پیشوند Hetero معنای«دیگر» و«غیر» را به‌کلمه‌می‌افزاید . مواد هتروسیکلیك ترکیباتی هستند که ملکول آنها حلقوی است‌ولی حلقه یاحلقه‌های هرملکول‌دارای پنج اتم‌کربن ویك‌اتم‌دیگر (ـــHetero) غیر از کربن هستند . مثل پیریدین Pyridine به‌فرمول C_5H_5N یا ،



که طرز ترکیب‌آن را نمایش می‌دهد ــ م .

منشأ اسیدهای امینه

می‌توانیم برای توضیح مطلب به آزمایشهای بسیار معروف میلر استناد کنیم. او توانست تخلیه‌های خاموش را از مخلوطی گازی بگذراند که محتوی متان، آمونیاك، هیدروژن و بخار آب بود و بدین‌سان اسیدهای امینه‌ای به‌دست بیاورد که مهمترین اجزای ترکیبی ملکول پرتئین هستند. سنتزهای مشابهی از اسیدهای امینه نیز توسط پاولوفسکایا T. E. Pavlovskaya و پاسینسکی با استفاده از اشعهٔ موج کوتاه ماورای بنفش صورت گرفته است.

این سنتزهای اخیر به‌مناسبت شرایط خاصی که باید دقیقتر بررسی کنیم، اهمیت‌ویژه‌ای دارند. مواد آلی درمرحلهٔ معینی‌از جریان افزایش تدریجی پیچیدگی خود خاصیتی جدید کسب نمودند که قبلا وجود نداشت و آن دیسیمتری[1] بود. مثلا متان و ساده‌ترین مشتقهای آن، متانل، فرمالدئید و متیلامید دارای این خاصیت نیستند. این خاصیت حتی در گلیسین، یعنی ساده‌ترین اسید امینه نیز وجود ندارد. اما همهٔ اسیدهای مرکبتر دارای این خاصیتند.

عدم تقارن[2] مواد آلی

عدم تقارن مواد آلی را می‌توان چنین توضیح داد: همهٔ

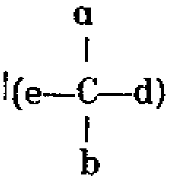
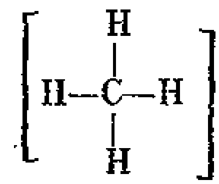
---

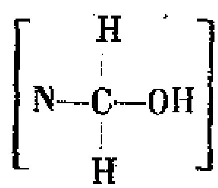
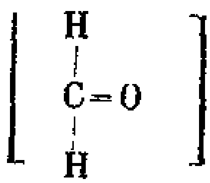
۱. Dissymmetry ــ به‌توضیح‌های زیر راجع به‌عدم تقارن‌واشکال آن مراجعه شود. ــم

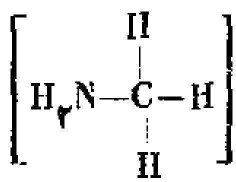
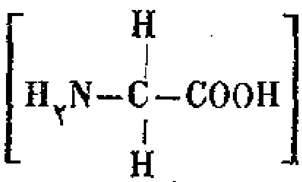
۲. Asymmetry ــ عدم تقارن مواد آلی را به‌علت وجود کربن

بقیهٔ پاورقی در صفحهٔ بعد

بقیهٔ پاورقی از صفحهٔ قبل

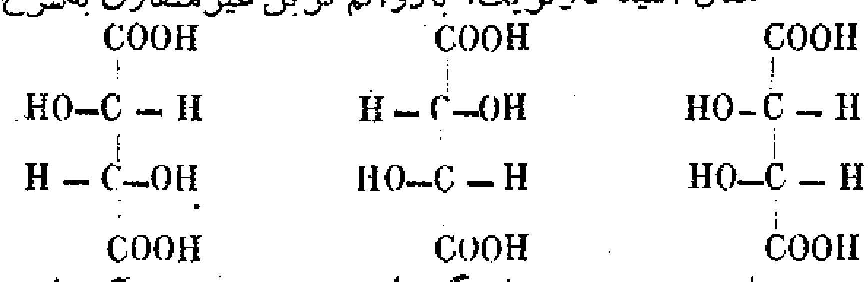
با کربنهای غیرمتقارن درملکولهای آنها می‌دانند. درشیمی آلی به هر کربنی که چهار ظرفیتش را اتمها یا گروههای اتمی غیرهمجنس  اشغال کرده‌اند، کربن غیر متقارن (Asymmetric Carbon) می‌نامند. عدم تقارن این کربن بدین علت است که نمی‌توان یك صفحهٔ فرضی تقارن ازملکول مربوط بدان گذرانید. در متان  و ساده ترین مشتقهای آن مانند

متانل  ، فرمالدئید  .

متیلامین  وگلیسین 

کربن غیرمتقارن نیست. درموردایزومرهای موادآلی‌دارای کربن یا کربنهای‌غیرمتقارن، ازلحاظ‌پیکربندی (فرمول گستردهٔ‌فضایی) وتأثیر‌برنور پلاریزه سه شکل‌ایزومروجود دارد، شکل‌راستگردان (Dextrorotatory یا Dextrogyrous)، شکل چپگردان (Levorotatory یا Levogyrous) و شکل خنثا یا مزو Meso (یا Inactive).

مثال اسید تارتریك، بادواتم‌کربن غیرمتقارن به‌شرح زیر:



خنثا　　　راستگردان　　　چپگردان

دو شکل چپ و راست نسبت به‌هم تصویر آئینه‌ای شمرده می‌شوند که تأثیرشان برصفحهٔ نورپلاریزه عکس‌یکدیگراست. مثل‌دوشکل

بقیهٔ پاورقی درصفحهٔ بعد

موادآلی دیسیمتریك بەدوشکل وجود دارند که بەیکدیگر شباهت بسیاردارند. ملکولهای آنها عیناً دارای اتمها و گروههای اتمی همانندند؛ ولی موقعیت فضایی این گروههای اتمها متفاوت است. اگر بنیان (Radical) خاصی دریك شکل درسمت‌راست قرارداشته باشد، در دیگری درسمت چپ قرار می‌گیرد و بالعکس.

دو دست ما می‌توانند بەمثابۀ مدل ساده‌ای از ملکولهای دیسیمتریك مورد استفاده واقع شوند. اگر آنها را درجلو خود بەحالتی نگهداریم که کف دستها روبەپایین قراربگیرند، خواهیم دید که دستهای چپ و راست باهمۀ تشابهی که بەهم‌دارند ازلحاظ ترتیب اجزای مختلفشان با یکدیگرفرق دارند. اگرشست دست راست درطرف چپ است، شست دست چپ در سمت راست است. از این رو گویی هر دست تصویر آئینه‌ای دست دیگر است.

درسنتزهای معمولی‌ومصنوعی‌موادآلی‌درآزمایشگاههایمان همیشه مخلوطی ازهردوشکل ملکول دیسیمتریك بەطور متساوی (موسوم‌بەمخلوط‌راسمیك Racemic mixture) بەدست‌می‌آوریم. این امرکاملا مفهوم است؛ زیرا تشکیل یك شکل یا شکل‌دیگر– آنتی‌پد راست یا چپ – بستگی بەاین دارد که جای‌کدام یك از دواتمی‌که درسمت راست یا چپ صفحۀ تقارن قرار دارند با یك گروه اتمی جدید عوض می‌شود. اما خود مفهوم تقارن می‌رساند که این هردو اتم در معرض نیروهای یکسانی هستند. بنابراین

بقیۀ پاورقی ازصفحۀ قبل

دیسیمتریك (Dissymmetric forms) یا ایزومرهای نوری (Opticl isomers) یا انانتیومرفهای نوری، (Optic Enantiomorphs) و یا آنتی‌پدهای نوری (Optic Antipodes) وجود دوشکل ایزومر نوری چپ و راست را در شیمی آلی دیسیمتری Dissymmetry می‌نامند – م.

احتمال تشکیل این یا آن شکل آنتی‌پد به‌یك اندازه است . چون قانون‌میانگینها درمورد واکنشهای شیمیایی‌صدق‌می کند پیداشدن افزونی یك آنتی‌پد بسیار نامتحمل است ، و در واقع درشرایط طبیعت غیرزنده ودرسنتزهای‌آزمایشگاهی هرگز به‌آن برخورد نمی‌کنیم . مثلا در سنتزمیلر ، اسیدهای امینهٔ به‌دست‌آمده همیشه راسمیك بودند.

بالعکس، درموجودات‌زنده‌اسیدهای امینه‌ای که‌پرتئینهای طبیعی ازآنها ساخته می‌شوند ، همیشه پیکربندی[1] چپ دارند . به‌طورکلی اگر ارگانیسمی ملکول دیسیمتریك بسازد تقریباً همیشه فقط یك‌شکل آن‌را می‌سازد. این یارایی پرتوپلاسم‌به‌سنتز انتخابی و اندوختن تنها یك آنتی‌پد را عـدم تقارن مادهٔ زنـده می‌نامند . این صفت ویژهٔ همهٔ موجودات زنده بدون استثناست و درطبیعت بی‌جان وجود ندارد .

پاستور این حقیقت را چنین خاطرنشان ساخت‌که : «این خصلت بزرگ شاید تنها خط ممیز دقیقی باشدکـه فعلا می‌توان میان شیمی طبیعت مرده و زنده‌کشید» . ازآغاز قرن بیستم نشان داده شدکه سنتزهای نامتقارن درموجودات زنده فقط براثر این فراهم‌می‌شودکه عدم‌تقارن قبلادرآنها وجود داشته‌است.طبعاً این مسئله مطرح شدکه عـدم تقارن چگونه نخستین بار رخ داد و، به‌طورکلی، آیا پیش ازپیـدا شدن حیات امکان‌آن وجود داشته است یا نه . ف . جپ F . Japp مقاله‌ای تحت عنوان «استرئو شیمی و ویتالیسم[2]» منتشر ساخت‌که درآن هنگام ، ولولهٔ عظیمی

---

۱. Configuration ـ منظور از پیکربندی ، فرمول گسترده و فضایی ملکولهای موادآلی است ـ م .

۲. Stereochemistry and vitalism . استرئوشیمی یا شیمی سه‌بعدی بخشی ازشیمی است‌که موقعیت اتمها یاگروههای اتمی را درساختمان فضایی ملکولهای مواد مختلف بررسی می‌نماید ـ م.

به‌پاکرد . او در این مقاله وجود هر گونه امکان سنتز نامتقارن اولیه را بی‌دخالت موجودات زنــده مطلقاً انکار نمود . به‌عقیدهٔ وی عــدم تقارن نتیجهٔ عمل «نیروی حیاتی» است و یــك مادهٔ نامتقارن فقط ممکن است از یك مادهٔ همانند خود پدید آیــد ؛ همانطور که یك موجود زنده از تولید مثل‌موجودی دیگر به‌وجود می‌آید .

اما این عقیده بعداً از راه آزمایش رد شد. اولین سنتز نامتقارن تحت شرایط آزمایشگاهی و بــا استفاده از واکنشهای فتوشیمیایی انجام شد و توسط نورماورای بنفشی که پلاریزاسیون دایره‌ای یافته بود، فراهم گردید . این امر نشان می‌دهــد که در سنتزهایی نظیر آنچــه به‌وسیلهٔ ت . پاولوفسکایاوا. پاسینسکی انجام شده است اگر از نور ماورای بنفش پلاریزاسیون دایره‌ای یافتــه استفاده شود ، می‌توان اسیدهای امینهٔ نامتقارن اختصاصی موجودات زنده را تولیدکرد . نشان داده شده است که در واقع چنین نوری درشرایط طبیعی روی زمین بــه‌هنگام پیش از پدید آمدن حیات وجود داشته است و بنابراین پدیــدآمدن اسیدهای امینهٔ نامتقارن درآن شرایط امکان داشت .

اکنون ماازراههای دیگری آگاهی داریم که به‌کمك آنها مواد نامتقارن درآن زمانها می‌توانستند به‌طریق ابتدایی دردنیای غیرزنده پدیدآیند . مثلا ج . د. برنال اخیراً ابراز عقیده‌کرده است که عدم تقارن موادآلی ممکن است پیش ازپیدا شدن حیات در روی زمین بــه‌وجود آمده باشد . زیرا سنتز این مواد روی سطحهای بلورهای نامتقارن (چپگرد یاراستگرد) کوارتزصورت گرفته است . این امر به‌وسیلهٔ ا . ترنتیف، وای . کلابونوفسکی با آزمایش تأیید شده است . از این رو اگر درآغاز این قرن به‌اصطلاح «عدم امکان» سنتز نامتقارن ابتدایی موادآلی ، مانعی

برطرف نکردنی دربرابر پیدا شدن حیات گذاشته بود ، اکنون دیگرمانع مزبورمغلوب شده است . درطبیعت غیرآلی با عوامل بسیاری برمی‌خوریم که ممکن است دلیـل ظهور وگسترش مواد نامتقارن واختصاصی موجودات زنده حتی در زمان پیش از پیدا شدن حیات درسیارهٔ ما باشند . حتی با دانستن چگونگی پدیـد آمدن عدم تقارن باز نمی‌توان به‌این سؤال پاسخ داد که چرا یك آنتی‌پد، نه‌آنتی‌پد دیگر باید چنین مقام انحصارطلبانه‌ای را در حیات همهٔ موجودات زندهٔ ساکن زمین احراز نماید. این‌مسئله برای شناخت طبیعت اساسی‌حیات مهم‌است امابرای محققان آینده می‌ماند که جواب آن را بدهند .

موادآلی مختلفی که دراتمسفرزمین‌تشکیل‌شده بودندوقتی که پیچیده‌تر گشتندخصلت گازی خودرا از دست دادند وبه‌میزان هرچه بیشتری اتمسفر را به‌سوی هیدروسفرابتدایی ترك گفتند. تودهٔ عظیم ترکیبات آلی بایستی در دریاها واقیانوسهای ابتدایی جمع شده باشدکه جایگاه پروسهٔ اساسی‌تشکیل‌مواد باملکولهای بزرگ واستحالهٔ آنها به‌سیستمهای چند ملکولی بود؛ سیستمهایی که حیات ازآنها ناشی شد .

اکنون‌آبهای زمین محتوی مقدار کمی موادآلیند که‌بیشتر به‌طورثانوی به‌وجودآمده‌اند ومحصول‌فعالیتهای حیاتی‌موجودات یاپوسیدگی بدنهایشان هستند .

اما بدبختانه ، آب دریاها و اقیانوسهای کنونی ما جایی نیست که بتوان پروسهٔ افزایش تدریجی پیچیدگی‌موادآلی رادر شرایط طبیعی مشابه باشرایطی که زمانی به‌پیدا شدن حیات‌منجر گردید مشاهده و بررسی کرد . این امر اولا به‌علت آن است‌که آب مزبور دارای مقدار زیادی اکسیژن آزادست و ثانیاً به‌علت وجود همیشگی موجودات زنده درهمه‌جای آن است .

طبق مطالعات اخیر هیئت اکتشافی کشتی شوروی ویتیاز، حتی آب عمیقترین نقاط اقیانوس هم محتوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای اکسیژن است. فقط درموارد استثنایی معدود، مثلا درفیوردهای[1] نروژ می‌توان شرایط احیاکننده‌ای یافت . اما دراینجا هم مانند هرجای دیگر سرشار از موجودات زنده و بویژه موجودات ذره بینی بی‌هوازی است . و ما برای بررسی راهی کـه به‌وسیلهٔ آن پروسه‌های بی‌زیست خاسته در هیدروسفر ابتـدایی امکان وقوع یافتند ، با بودن موجودات زنـده هیچ وضع مساعـدی نداریم . موجودات زنده قضیه را ازاین لحاظ مغشوش می‌نماینـد . این موجودات، مواد بی‌زیست‌خاسته ویژه‌ای را کـه فقط در جریان اعمال متابلیك به‌نحوعالی سازمان یافته‌ای ساخته توانـنـد شد ، به‌محیط غیرآلی خارج می‌دهند.درحالی که آنها از سوی دیگر، مواد دیگری را به‌عنوان غذا می‌گیرند و مشمول متـابلیسم خود می‌سازند و برای ساختمان بدن خود مورد استفاده قرارمی‌دهند.

ما اکنون می‌دانیم که داروین در نامه‌ای نوشت : «غالبـاً گفته می‌شود که همهٔ شرایط برای تولید اولیهٔ یك موجود زنـده فراهم است و همیشه می‌توانست فراهم باشد . اما **اگر** (وآه ! چه اگر بزرگی !) می‌توانستیم تصور کنیم که در تالابی کوچك وگرم باوجود همهٔ انواع املاح آمونیاکی‌وفسفری، نور، گرما، برق وغیره یك ترکیب پرتئینی ازلحاظ شیمیایی آمادگی یابدکه متحمل تغییرات بازهم پیچیده‌تری شود ، امروزه چنین ماده‌ای در دم بلعیده یا جذب می‌شود؛ درحالی که این‌امر درمورد زمان پیش از به‌وجود آمدن موجودات زنده صادق نبود» .

بدین‌جهت اگر گفته شود که‌دلیل‌اصلی اینکه حیات‌اکنون

---

۱. Fjord - پیشرفتگی آب دریا در فواصل بسیار تنگ‌میان تخته سنگهای مرتفع سواحل کوهستانی را در نروژ فیورد می‌گویند-م.

در شرایط طبیعی نمی‌تواند پدید آید ، این است که قبلا پدید آمده است، این گفته آن چنان که در نظر اول ممکن است بنماید، مهمل نما (Paradox) نیست .

تکامل تدریجی مواد آلی که پیش از پدید آمدن حیات وجود داشت، تنها می‌توانست در شرایط محیط سترون، یعنی بدون وجود موجودات زنده ، روی دهد . هر ماده آلی که اکنون ممکن است به‌طریقی در شرایط طبیعی تشکیل شود ، به‌سرعت کامل منهدم می‌شود. زیرا به‌وسیلهٔ موجوداتی خورده می‌شود که درمبارزه برای حیات بسیار خوب مجهز ند و در هر نقطهٔ خشکی ، هوا و آب بسر می‌برند .

بنابراین غلظت مواد آلی محلول در آب دریا اکنون بسیار کم است ومدت ممکن تکاملشان درخارج بدن موجودات زنده بسیار ناچیز است . ازطرف دیگر روی زمین بی‌حیات ، هیچ‌چیز وجود نداشت که درمدتی نامحدود از تکامل بی‌زیست خاسته مواد آلی و انباشته شدن آنها به‌مقادیر بسیار قابل ملاحظه‌ای در آب دریاها و اقیانوسهای ابتدایی جلوگیری کند .

اگر فقط نصف کربنی که اکنون برسطح زمین هست ، در آن زمان به‌شکل مواد آلی محلول موجود می‌بود، آن وقت غلظت آنها در آب اقیانوس ابتدایی اقلا به‌چنددهم یک درصد می‌رسید . این محاسبه براساس تمام آب موجود آن وقت شده است ؛ اما البته تبخیر آب در بعضی ازمناطق منفرد و بعضی ازحوضه‌های محصور، خورها و برکه‌های کم‌عمق مربوط به‌دریا، غلظتهای بسیار زیادتری را موجب می‌شد . به‌علاوه همان‌طور که قبلا به‌اظهار نظر ج . د . برنال اشاره شد ، افزایش موضعی غلظت مواد آلی بر اثر جذب سطحی[1] آن مواد بر گلها یا رسوبهای غیر آلی دیگر درقعر یا کنارهٔ

1. Adsorption . چسبیدن و تغلیظ یافتن ملکولهای بعضی

بقیهٔ پاورقی درصفحهٔ بعد

آب امکان پذیر بود. این رسوبها وحتی نمکهای محلول ومختلف کانی همچنین می‌توانستند به‌مثابهٔ کاتالیزرهای بسیارمؤثری به‌انجام عدهٔ بسیاری از استحاله‌های شیمیایی موادآلی کمك کنند.

منشأ مواد پرتئین مانند و پلیمرهای پیچیدهٔ دیگر

اخیراً اطلاعات زیادی درمطبوعات علمی راجع به بسیاری از نتایج آزمایشی گردآوری شد که نشان می‌دهد که پروسه‌های پلیمربندی (Polymerisation)وتراکم(Condensation) تدریجی موادآلی گوناگون، تحت شرایطی که شرح داده‌ایم، بایستی به‌میزانی وسیع روی داده باشد. اینجا بویژه باید به‌بررسی دانشمند ژاپنی شیرو آکابوری دربارهٔ سنتز ابتدایی وی- سنتز «پرتئینهای اولیهٔ»۱- و به‌مطالعات مشابه‌محققان دیگراشاره کرد که‌مطالعاتشان دربارهٔ منشأ حیات در سال ۱۹۵۷ به‌سمپوزیم مسکو اطلاع داده شد. ازاین بررسی نتیجه‌گرفته می‌شود که دردورهٔ خاصی ازتاریخ زمین، بایستی پلیمرهای متعدد پرتئین مانندی از اسیدهای امینه، پلیمرهای نوکلئوتید، پلی‌گلی‌کوزیدها Polyglycosides ودیگر ترکیبات‌آلی پیچیده‌ای باوزن ملکولی زیاد، درآبهای هیدروسفر آن ظاهر شده باشند.

تشکیل مواد مزبور ابتدا توسط پروسه‌ای بود که با آنچه اکنون درسنتز حیاتی پرتیئنها، اسیدهای نوکلئیك ودیگر پلیمرهای آلی درسلول زنده صورت می‌گیرد به‌کلی‌متفاوت بود. درپرتوپلاسم، چنین سنتزهایی برپایهٔ سازمان بسیارکارآمدی مبتنی

بقیهٔ پاورقی ازصفحهٔ قبل

مواد، مانند ملکولهای گازها ومواد معلق درمایعات، برسطح‌یك مادهٔ جامد را جذب‌سطحی می‌نامند ـ م.

۱. اشاره به‌گزارش Shiro Akabori استاد دانشگاه‌اوزاکا راجع به «منشأ پرتئینهای اولیه» است ـ م.

هستند که فقط درو‌جود حیات پیدامی‌شود و از آن درمورد محلول ساده‌ای ازمواد آلی نمی‌توان سخنی به‌میان آورد .

بنابراین، مثلاسنتز حیاتی یك پرتئین مستلزم شرکت هماهنگ یك سلسله دستگاههای پرتوپلاسمی است :

۱ـ دستگاهی که انرژی موردنیاز سنتز را فراهم می کند .

۲ـ دستگاههای آنزیمی که بر روابط میان سرعتهای تك تك واکنشها نظارت می کند و ،

۳ـ دستگاههای تعیین کنندهٔ پیکر بنـدی فضایی ملکول پرتئین. دراین پروسه، اسیدهای نوکلئیك با ساختمان منظمشان نقش تعیین کننده را دارا هستند.

تنها در نتیجه تأثیرهای هماهنگ همهٔ این عوامل است که درسلولهای زنده نه‌فقط پلیمرهایی باوزن ملکولی زیاد اسیدهای امینه، بلکه پرتئینهای کنونی نیز پدید می آیند که اکنون می توانیم آنها را از اشیای دارای منشأ جانوری یا گیاهی جدا کنیم. این پرتئینها هم ترتیب جداً معینی ازبازمانده‌های اسیدهای امینه در رشته‌های پلی‌پپتیدشان دارند، وهم‌دارای تاشدگی داخل ملکولی کاملا معینی از رشته هستند واین‌امر به‌تمام گویچهٔ پرتئین، طرح ساختمانی مشخصی می‌دهد. ویژگیهای زیست‌شناسی هر پرتئین ، اعمال آنزیمی، هورمونی، ایمنی‌شناسی و دیگر اعمال آن درسلول زنده، با روابط فضایی دقیق درون گویچهٔ پرتئین ارتباط دقیقی دارند. گاه کافی است که فقط یك تغییر بسیار کوچك درپیکر بندی گویچه یا درتوالی بازمانده‌های اسیدهای امینه در رشتهٔ پلی پپتید رخ دهد تا پرتئین متأثر کلیه این خواص را از دست بدهد. ازاین‌رو، چون موجودات زنـده دارای یك شکل سازمانبندی خاص خود هستند، پرتئینهایی درآنها ساخته می‌شود که با انجام اعمال مهم حیاتی سازگاری بسیارخوب و مؤثری دارد .

همین طور هم ، سنتز حیاتی اسیدهــای نوکلئیك دارای ساختمان دقیقاً درست ، بــه فعالیت هماهنگ دستگاههای ویژهٔ موجودات زنده نیازمنداست که درزمرهٔ آنها بعضی حاوی آنزیمهای پرتئینی باساختمانهای معین هستند.

پرواضح است که درمحلول مواد آلی ترکیبی آب اقیانوس ابتدایی، درزمان پیش ازپدیدآمدن حیات، این قبیل قوانین حاکم بر پروسه‌های بیوسنتز قدرت عمل نداشتند . (به شکل ۳و۴ در آخر کتاب مراجعه شود)

دراینجا توالی جداً معین استحاله‌های شیمیایی اختصاصی که علامت ویژهٔ متابلیسم بیولوژیك است و درآن هر ترکیب اصلی یا واسطه‌ای ازمیان بسیاری ازامکانهای شیمیایی میسرفقط یك راه را برمی گزیند وسپس به نحو ثابت آن را دنبال می کنند، درمیان نبود. یك محلول موادآلی چیز بــه کلی متفاوتی است . در این محلول همهٔ استحاله‌های ممکن شیمیایی یکدیگر را مکرراً تقاطع می کنند ودر کلاف درهمی ازتأثیرات متقابل می‌پیچند. بنابراین پلیمرهایی که درچنین محلولی تشکیل می‌یافتند فاقدآن انتظام و سازش درونی باعمل خاص بیولوژیك بودند که صفت ممیز پرتئینها واسیدهای نوکلئیك معاصراست. قوانین ترمودینامیك وسینتیك شیمیایی که جریان حوادث شیمیایی زمین بی حیات گــذشته را به‌تنهایی تعیین‌می کردند، برای توضیح عاقلانه این‌امر کافی‌هستند که چرا بایستی درآب اقیانوس نخستین فقط گروهی ازپلی‌پپتیدها، پلی نوکلئوتیدها، وپلیمرهای‌دیگر دارای‌اتصالهای داخل‌ملکولی ا توزیع نسبتاً نامرتب پدیدآیند. یعنی چرا ترکیباتی به‌وجود آیند کــه ساختمان داخلیشان با ساختمان پرتئینها و اسیدهــای نوکلئیك معاصر قابل مقایسه نباشــد . زیرا «تضمن مقصود» در ساختمان مواد اخیر توسط قوانین زیست‌شناسی برقرارشد و این

قوانین بعداً پدیدآمدند .

پس آیا ممکن بود که در تمام طول عمر زمین و در میان گروههای بی‌پایان متغیرهای ممکن ، احتمالا فقط یك بار یك ملکول اسیدنوکلئیك یا نوکلئوپرتئین باساختمانی دارای‌قدرت تولید مثل بتواند پدید آید ؟ چنین ملکولی در آن صورت در «آبگوشت ابتدایی» هیدروسفر شروع به «تکثیر» بی‌حد می‌نمود و زندگی‌آغاز می‌شد .

این‌تصور راجع به‌منشأ حیات که حتی به‌سطح تك ملکولی تکامل تدریجی موادآلی رسانیده می‌شود به‌علت سادگی ظاهری آن بسیارفریبنده است وبدین جهت در آثار علمی‌کنونی به‌میزان وسیعی پذیرفته شده است .

تصورمزبور، بویژه‌باگسترش بررسی ویروسهای‌صافیپذیر[1] عامه پسندتر گردید. این ویروسها درانسان، جانوران و گیاهان موجب بعضی ازبیماریها می‌شوند واکنون معروفند به‌اینکه نسبتاً ساختمان شیمیایی بسیار ساده‌ای دارند. این امر بویژه در مورد ویروس موزائیك توتون صدق می‌کندکه در سال ۱۹۵۳ به‌شکل متبلور توسط و . استانلی به‌دست‌آمد. بلورها از لحاظ ترکیب، مادهٔ شیمیایی خاصی به‌نظرآمدند . این ماده ترکیبی است ازیك اسیدنوکلئیك بایك‌پرتئین؛ یعنی نوکلئوپرتئینی‌است‌باساختمانی مخصوص . اگراین ماده را داخل یك سلول زندهٔ گیاه توتون کنند، درگیاه مزبورپروسهٔ سنتزحیاتی بسیارسریع همان پرتئین واسیدنوکلئیك ایجاد خواهد شدکه صفت ویژهٔ ویروس است ولی

---

۱. Filtrable Virus یا ویروس فیلتران Virns Filtrant به ویروسهایی اطلاق می‌شود که به علت خردی فوق‌العاده‌شان از سوراخهای صافی می‌گذرند ــ م .

دربرگهای اصلی و سالم توتون سالم وجود ندارد؛ به‌طوری که ممکن‌است گفته شود که اینجا «تکثیر» ملکولهای نوکلئوپرتئین ویروسی وجود دارد.

این فرضیه معمولا مطرح می‌شود که صرفاً براثر تصادف، ملکولی مانند ملکول‌اسید نوکلئیك‌ویروس موزائیك در «آبگوشت ابتدایی» پدیدآمد و در آنجا بـه تکثیر شروع کرد و بدینسان «نخستین ملکول زنـده» تشکیل یافت و حیات بر روی زمین آغاز شد.

اما حقیقت این است که ویروسها درچنین «آبگوشتی» یا در هرمحیط مصنوعی، هرچقدر هم که شمارهٔ محیطهای آزمایش فوق‌العاده زیاد باشد نمی‌توانند تکثیر یابنـد. افزایش عـدهٔ ویروسها فقط در داخل سلول زنده روی می‌دهد و به‌نظر نمی‌رسد که این قضیه یك تصادف باشد، بلکه ذاتی طبیعت واقعی پروسهٔ مورد بحث است.

سلول گیاه توتون پیش‌از داخل‌کردن ویروس، نوکلئو-پرتئینهای خود را برپایـهٔ عمل متقابل دستگاههای انرژتیك، کاتالیزری وساختمانی موجود درپرتوپلاسم که قبلا یادآور شدیم سنتزمی‌کند. پیوندنوکلئوپرتئین ویروسی ویژه (یاحتی‌فقط‌اسید نوکلئیك‌آن) تغییری در روابط‌آنزیمی‌وپروسه‌های دیگر به‌وجود می‌آورد و حلقهٔ ارتباطی نهایی سنتزحیاتی را طوری تغییر شکل می‌دهد که به‌عوض‌تولیداسیدنوکلئیك خود گیاه که درمتابلیسم‌آن نقشی ایفا می‌کند، به‌تولید نوکلئوپرتئین ویروسی منجرمی‌شود که نسبت به‌گیاه بیگانه است و درآن به مقادیر زیاد جمع می‌شود.

از این‌رو، این پروسه نه «تکثیر» ویروس به‌مفهوم زیست

شناسی آن است، و نه «خود بازسازی» آن در محیط غذایی است . تمام‌جریان رخداده عبارت از تشکیل ثابت وجدید یك نوکلئو-پرتئین خاص به‌کمك دستگاههای حیاتی برگ توتون است. این بدان معنی است که صورتبندی جدید فقط با وجود سازمانی که ویژهٔ حیات است امکان‌پذیر است و در نتیجه نخستین موجود زنده یك ویروس نبوده است ، برعکس ویروسها مانند دیگر پرتئینها و اسیدهای نوکلئیك ویژهٔ کنونی تنها به‌مثابهٔ محصول شکل بیولوژیك سازماندی ماده امکان ظهور داشتند.

حتی اگر در «آبگوشت ابتدایی» ، ملکولی با ساختمان مخصوص یك نوکلئوپرتئین ویروسی بر اثر تصادف پدید می‌آمد (که خود بسیاربعید است) ، آن وقت هم ممکن نبود که «تکثیر» و «خودبازسازی» یا تشکیل مجدد وپیوسته مکررچنین ملکولی رخ دهد . زیرا به‌هماهنگی بسیارسازمند دستگاههای پیچیده‌ای از جمله ، مخصوصاً به یك سلسله کامل‌آنزیمهای پرتئینی دارای ساختمان اختصاصی احتیاج پیدا می‌کردند و اینها به‌نوبت خود فقط ممکن بود در نتیجهٔ سازماندی حیاتی پدیدآیند .

همان طور که قبلا نشان دادیم وجود پرتئینها برای سنتز حیاتی سازمند اسیدهای نوکلئیك لازم است؛ درحالی‌که بیوسنتز پرتئینهاضرورتاً به‌شرکت‌اسیدهای نوکلئیك نیاز دارد. ازاین‌رو ممکن است انسان این پرسش را غالباً بشنودکه : ـ در پروسه پدیدآمدن حیات کدامها اول ساخته شدند، پرتئینها یا اسیدهای نوکلئیك ؟ این سؤال همان قدر اکادمیك است که مسئلهٔ قدیمی مرغ و تخم‌مرغ . واضح است که هر مرغ ازتخم مرغی به‌وجود می‌آید وهرتخم مرغی را مرغی می‌گذارد. بدینسان پاسخ به‌این

پرسش درمورد اینکه اول مرغ آمده است یا تخم مرغ ، به‌کلی ناممکن می‌نمود. اما فقط برداشت متافیزیکی ازمسئله است که با کوشش برای حل آن به‌صورت کاملا مجزا از تاریخ تکامل ماده زنده موجب چنین‌استنتاجی می‌شود. اگرما توجه خود را به‌این تاریخ معطوف کنیم ، خواهیم دید،که هم مرغ و هم تخم‌آن ، در مرحله‌ای ازمراحل تکامل تدریجی ، براثر افزایشهای پی درپی پیچیدگی وکارآیی موجودات زنده ابتداییتری پدیدآمدندکه با شرایط وجودی خود قدرت سازش کمتری داشتند.

همین‌طور هم بحث راجع به‌این امکان‌که ابتدا پرتئینهای ویژه یا اسیدهای نوکلئیك دارای ساختمانهای سازمند در آب اقیانوس ابتدایی به‌وجودآمدند، بیمورد است . درآن محیط‌تنها موادی‌که از این نوع توانستند پدید بیایند پلیمرهایی بودند با سازمانی فوق‌العاده ساده‌ترکه البته‌کاملافاقد هرگونه عمل‌حیاتی بودند . فقط بسیار دیرتر و درسطح پروسهٔ تکاملی بسیار عالیتر بودکه هم‌پرتئینها وهم اسیدهای نوکلئیك تیپ‌کنونی امکان‌ظهور یافتند .

یکی ازصفات ویژهٔ حیات این است‌که در تمام فضا پخش نشده است بلکه به‌صورت دستگاههای منفرد و بسیار پیچیده‌ای ، یعنی به‌صورت موجودات زنده‌ای تجلی می‌کندکه بادنیای‌خارج حدود معینی دارنـد . این موجودات پیوسته با محیطشان عمل متقابل دارند. و دارای ساختمانی داخلی هستندکه برای تضمین بقای ممتدآنها خود نوسازی و تولیـد مثل مستمرشان درشرایط حکمفرمای جهان خارج ، سازگاری فوق‌العـاده خوبی یافته است .

شکلی ازاین نوع سازمانبندی و حرکت ماده فقط با جدا شدن‌سیستمهای چندملکولی کامل‌ازمحلول همگن(Homogenous Solution)موادآلی که گاهی بدان «آبگوشت‌ابتدایی» گفته شده است، می‌توانست پدید آید . ابتدا ممکن است که این سیستمها بسیار ابتدایی بوده باشند . اما درآن هنگام براثر مرزبندی مشخصی که آنها را ازمحیطشان جدا می کرد قادربودندکه با آن محیط تأثیر متقابل داشته باشند. همین‌پروسهٔ تأثیر متقابل‌وتوأم با آن انتخاب یکایك سیستمهای ابتدایی موجب می‌شد در شرایط معین خارجی مدتی باقی بمانند ، اساس سازش تدریجی سازمان داخلی این سیستمها و نیز پایهٔ وقوع تأثیرات متقابل هرچه مؤثرتر آنها با محیط دربرگیرندهٔ مواد و پروسه‌ها راتشکیل داد. این‌امر به‌ظهور وتکامل متابلیسم سازمندی منجر گردیدکه دراساس تشکیل پرتئینها و اسیدهای نوکلئیك و مواد دیگرقرار دارد . موادی‌که ساختمانشان «متضمن مقصود» استو باانجام اعمال مربوطه سازگاری دارد و صفات ویژهٔ موجودات زندهٔ کنونی رانشان می‌دهد .

البته دادن نظرقطعی دراین‌باره دشوار است که چه چیزی پروسهٔ تشکیل سیستمهای ابتدایی پدیدآورندهٔ موجودات زنده‌را تعیین نمود . همان‌طور که ج . د . برنال تصور می کند ، شاید

---

۱ . Coacervate کوآسروات دراصل به‌معنای توده و کومه است . در اینجا به‌معنای قطره‌هایی است که از ملاً مایع پیرامونشان با حدودی مشخص متمایز می گردند و صورت سیستمهای منفردی را دارند که‌غلظت‌موادسازندهٔ آنها باغلظت‌همان‌مواددرملاً پیرامونشان غالباً فرق می کند ــ م .

بتوان براین عقیده بود که جدا شدن لخته‌های مادهٔ آلی براثر جذب سطحی آنها به‌ذرات خاک رس یاذرات جامد غیرآلی دیگر بوده‌است. س. فاکس۱ اخیراً امکان بسیارجالب تشکیل سیستمهای

---

۱. Sidney W.Fox یکی از دانشمندان ایالات متحده است که مسئلهٔ منشأماقبل حیاتی وشیمیایی‌پرتئینها رابررسی کرده‌است. او طرفدار طریق حرارتی پدید آمدن اولیهٔ پرتئینهاست. فاکس معتقداست که‌درشرایط ابتدایی زمین، محتملا اگراتصالهای‌پپتیدی اسیدهای امینه درحرارت بالا برقرار شده‌باشد، درجاتی‌که برای تبخیرآبی‌که به‌طور فرعی تولید می‌شد، کافی بوده است. او و همکارانش‌در آزمایشگاه‌توانسته‌اند که‌ازحرارت‌دادن‌اسید گلوتامیك با اسیدهای امینهٔ دیگر، پپتید خطی (Linear peptide) سنتز کنند. ودرسال ۱۹۵۸ با استفاده ازتکنیك حرارتی خود موفق به‌سنتزیك کوپلیمر (کوپلیمر ماده‌ای است‌که از پلیمرسازی مواد ناهمجنس حاصل می‌شود) ازهیجده اسید امینهٔ موجود در پرتئینها گردید وکوپلیمرهایی Copolymers باوزن ملکولی ۳۰۰۰ تا ۹۰۰۰ ساخت. او در این سنتزها از حرارت ۱۶۰ تا ۲۰۰ سانتیگراد استفاده‌کرده است. گفته می‌شودکه مواد به‌دست‌آمده شباهت زیادی به‌پرتئینها دارند. ولی اختلاف اساسی آنها با پرتئینهای طبیعی آن است‌که مواد سنتزی فاکس خاصیت پادگنی (Antigenic) ندارند ونورپلاریزه‌رابه‌راست‌یاچپ‌منحرف‌نمی‌کنند (یعنی‌راسمیك‌هستند). فاکس این موادرا‌پرتئینوئید Proteinoid یا «پرتئین‌نما» نامیده است. اوبراساس‌فرضیهٔ حرارتی پدیدآمدن پپتیدها فرضیهٔ حرارتی پیداشدن میکروسفرها Microsphere و تکامل و تحول آنها به‌موجودات زنده را مطرح ساخته است. میکروسفرها سیستمهای‌کروی شکل بسیار کوچکی هستندکه‌براثر تأثیرآب‌گرم برپرتئین‌نماها به‌دست‌می‌آیند. میکروسفرهایی‌راکه فاکس در آزمایشگاه به‌دست آورده است دارای خاصیت اسمزی و قابلیت نفوذ وتجزیهٔ ATP (ادنوزین تری‌فسفات) هستند. و نیز

بقیهٔ پاورقی در صفحهٔ بعد

چندملکولی پرتئین‌مانند را براثر گرما روی مخلوطی‌ازاسیدهای امینه در شرایطی طبیعی نشان داد. چندی پیش ر. گلداکـر R. Goldacre در مورد تشکیل گویچه‌هـای جـوف پوششهای لیپوپرتئین Lipoprotein عقیدهٔ جالب توجهی مطرح ساخت. اوفکر می‌کند که ممکن‌است گویچه‌ها تحت تأثیر باد که موجب فرۏریختن قشرهای پوششی سطحهای اجسام طبیعی‌موجوددرآب می‌گردند، به‌وجودآمده باشند.

می‌توان طرق بسیاری را در بـارهٔ چگونگی جـدا شدن دستگاههای اولیهٔ چند ملکولی از محلول همگن ترکیبات آلی هیدروسفر مجسم نمود. اما به‌نظر من، به‌دلایلی که بعداً مورد بحث واقع می‌شود، بسیار محتمل است کـه این سیستمها ابتدا به‌صورت قطره‌هـای کوچك معروف به‌کوآسروات پدید آمده باشند.

این‌قبیل‌قطره‌ها راتحت‌شرایط‌آزمایشگاه و به‌وسیلهٔ‌اختلاط سادهٔ محلولهای مختلف پرتئینها ودیگرمواد باوزن ملکولی‌زیاد، در درجات حرارت متعارفی ودربیشتر موارد، بااسیدیته بسیار ضعیف به‌سادگی می‌توان به‌دست‌آورد. بدین طریق ملکولهایی که درتشکیل‌کوآسروات شرکت می‌کنند وقبلا به‌طوریکسان در سراسر حلال پخش بودند درنقاط خاصی باهم متحد می‌شوند تـا گروههایاتوده‌های ملکولی‌کاملی‌بسازند. واینها وقتی‌که به‌اندازهٔ معینی می‌رسند، خودرا به‌شکل قطره‌هایی‌کوچك باحدودی بسیار مشخص از محلول جدا می‌کنند که در زیر میکرسکپ به حالت شناور درملاً پیرامونشان‌قابل رؤیتند. این‌ملاً که به‌مایع تعادل

بقیهٔ پاورقی ازصفحهٔ قبل

دارای پوششی دوجداره وحفره‌هایی هوایی وساختمانهایی دانه‌ای (مثل‌سلول) وشکلی شبیه‌سلول هستند. ولی پرواضح است‌که میان طبیعت اعمال وسازمان‌آنها تاطبیعت اعمال وسازمان اجسام زنده فاصلهٔ زیادی هست ـ م.

(Equilibrum liquid) معروف است در چنین صورتی عاری از آن‌مواد باوزن ملکولی زیاد می‌شودکه قبلا در محلول بودند ؛ زیرا درقطره‌های کوآسروات متمرکز می‌شوند .

این صورتبندیها را دانشمندی هلندی به‌نام بونگنبرگ دویونگ Bungenberg de Jong طی‌سالهای‌بسیاری‌موردمطالعه قرار داد واکنون در بسیاری از آزمایشگاههای سراسر دنیا تحت تحقیق‌است. مواد کلاسیك برای تشکیل کوآسرواتها درتحقیقات بونگنبرگ دویونگ محلولهای ژلاتین و صمغ عربی بود . اما می‌توان کوآسرواتهایی به‌دست‌آورد که بـا اختلاط پرتئینهای مختلف ، مثلا کازئین Caseine ، آلبومین تخم مرغ یاآلبومین سرم ، هموگلوبین، پسود وگلوبولین، گلیسینین ، کلوپئین و غیره بیش از دوجزءِ ترکیبی داشته باشند . به‌علاوه ،کوآسرواتها را همچنین از اسیدهای نوکلئیك، پلی‌ازهای Polyoses گوناگونی ازقبیل‌اسیدامیلوفسفریك یا ارابان Araban ، لسیتین‌ولیپیدهای دیگر (به‌شکل مخلوطهای لیپوپرتئین) ومواد دیگری ازاین‌قبیل می‌توان ساخت . قطره‌های کوچك همچنین ممکن است محتوی آنزیمهای‌فعالی گردند که درددرون‌قطره‌ها به‌تجلی‌فعالیت‌مخصوص کاتالیزری‌ادامه دهند. بونگنبرگ‌دویونگ معتقداست که نیروهای هیدراتاسیون‌والکتریستهٔ ساکن‌درتشکیل کوآسروات نقشی‌اساسی دارند ؛ امـا به‌جهت پیچیدگی فـوق‌العاده این پدیده نمی‌توان تئوری‌کوآسرواتبندی را کاملا بـررسی شده تلقی‌کرد . پروسهٔ کوآسرواتبندی‌همچنین برحسب موادی می‌تواند موردبحث‌واقع شودکه تاحدی در یکدیگر حل می‌شوند وبا لایه‌ها یا قطره‌های کوچکی از مـایع دو بخشی مجزا می‌کردند . امـا اگر ثبات قطره‌های‌کوچك درکوآسروات مایعهایی ساده به‌مقدار نیروی

کشش سطحی[1] مابین قطره‌های کوچك ومحیطی که در آن شناورند بستگی دارد ، دراین صورت در مورد کوآسرواتهای پرتئینها یا دیگرمواد باوزن ملکولی زیاد ، شرایط تثبیت قطره‌ها به مراتب پیچیده‌تر می گردد . این‌امر تاحدود قابل ملاحظه‌ای توسط عمل جذب سطحی لایه‌های روی سطح فاصل قطره‌های کوچك و ملأ تعیین می‌شود . عمل تثبیت کنندهٔ مزبور هنگامی اهمیت ویژه‌ای پیدا می کندکه‌لایهٔمورد بحث دارای چسبندگی[2] ساختمانی‌زیاد،

---

۱. Surface tension . ملکولهای قسمت درونی یك‌مایع‌همگن به‌یك اندازه و به‌همهٔ جهات به‌وسیلهٔ ملکولهای پیرامونشان جذب می‌شوند . اما ملکولهای سطح روبازچنین‌مایعی به‌علت کمتربودن نیروی جاذبهٔ ملکولهای‌هوا ، بیشتربه‌سمت پایین وکناره‌ها کشیده می‌شوند تا به‌بالا . درنتیجه ، ملکولهای سطحی کمتر ازملکولهای قسمت درونی آزادی تحرك دارند وسطح مایع یك حالت کشیده گی پیدا می کند . این حالت موجب می‌شودکه قسمتهای مختلف سطح به‌جداشدن ازیکدیگر کمترمیل کنندوسطح مایع‌خاصیتهای یك‌ورقه ارتجاعی کش یافته را پیداکند . درمایعهای کلوئید ، نیروی کشش بین وجهی (Interfacial tension) درسطح مشترك میان‌ذرات کلوئید ومایع‌نیز وجود دارد . به‌طورکلی کشش سطحی و به‌عبارت بهتر کشش بین وجهی در هرجا که مایعی با جدارهای ظرف خود یا سطح ذرات‌جامد شناور در مایع تماس پیداکند ، به‌وجود می آید - م.

۱. Viscosity . نیروی مقاومت هرمایع را درمقابل حرکت نسبی داخلیش چسبندگی گویند . واحدچسبندگی‌در دستگاه‌اندازه گیری C.G.S پوئیز نامیده می‌شود . یك پوئیز مساوی است با یك گرم برسانتیمتر برثانیه. وآن مقدار چسبندگی سیالی است که‌نیرویی به‌اندازهٔ‌یك‌دین Dyne لازم داشته باشد تا یك‌لایهٔ سیال‌را به‌وسعت یك سانتیمتر مربع در مدت یك ثانیه به فاصلهٔ یك سانتیمتری لایهٔ موازی مجاورش برساند ودرعین حال این فاصله به‌وسیلهٔ خود سیال پرشود - م.

یا حتی قوه‌ای ارتجاعی و مقاومتی مکانیکی نسبت به‌تغییر شکل باشد . اگر این شرایط پیدا شوند ثبات قطره فوق‌العاده زیاد می گردد .

وقتی که کوآسرواتهای پرتئینها یامواد دیگری نظیر آنها تشکیل می‌شوند ، قسمتی‌از ملکولهای پرتئینها ولیپیدها یا پلی‌ساکاریدهای همراهشان به‌سطح جداکنندهٔ قطرهٔ کوچك نقل مکان می‌کنند ودرآنجا ساختمان وخواص مکانیکی لایه‌های ملکولی تغییراتی اصلاحی می‌یابد . این امر به‌علت وجود یك سطح کاملا مشخص باخواص مکانیکی نسبتاً استوار است که حدود قطره‌های کوچك کوآسرواتهای مرکب را از مایعهای تعادلشان متمایز می‌کند .

قطره‌های کوچك کوآسرواتهای پرتئین همچنین‌ممکن‌است دارای ساختمانی داخلی باشندکه باآنچه درقطره‌های سادهٔ مایع مشاهده می‌شود ، کاملا فرق داشته باشد . در این ساختمان ، موقعیت ذرات کوآسروات‌نسبت به‌هم‌معمولاشکل بسیارناپایداری به‌خود می‌گیرد ؛ اما دربعضی ازموارد ممکن است بسیار پایدار باشد .

ازنظرما کوآسرواتهای به‌اصطلاح مرکب چندبخشی بویژه جالبند. اینها ازچندنوع جزء ترکیبی مختلف ساخته می‌شوند. مانندکوآسرواتی که‌ازژلاتین‌وصمغ‌عربی‌ونوکلئات‌سدیم Sodium Nucleate درست می‌شود این مخلوط می‌تواند به‌صورت یك کوآسروات واحد درآید ویا ممکن است دوکوآسروات‌غیرقابل اختلاط تشکیل دهد . در چنین صورتی قطره‌هـای درشت یك کـوآسروات قطره‌هـای کوچکتر کـوآسروات دیگر را دربـر می‌گیرند .

کوآسرواتها توأم‌باساختمان داخلی‌وسازمان معین‌سطحی

که قطرهٔ کوچك را از مایع تعادل جدا می کند ، دارای نیروی قابل ملاحظهٔ جذب سطحی مواد گوناگون ازمحلول محیطی هستند. بسیاری ازموادآلی حتی هنگامی که غلظت کوآسرواتها از یك هزارم درصد بیشتر نباشد ، تقریباً به‌طورکامل توسط کوآسرواتهای اختصاصی از مایع تعادل جدا می‌شوند. این امر از این لحاظ که یك چنین جذب سطحی انتخابی است، بسیارمهم است. ممکن است کوآسرواتهامقادیر زیادی از یك ماده‌را جمع کنند وآن‌را ازمحلول رقیق پیرامونشان بیرون بکشند وحال آنکه، ازطرف دیگر ممکن است درموردمادهٔ دیگری حتی اگر به‌غلظتی بیشتر درمایع تعادل موجود باشد فقط مقدار بسیار کمی را جذب نمایند . اکنون می‌توانم بگویم که به‌چه دلایلی معتقد شدم که قطره‌های کوچك کوآسروات محتملترین شکل سازماندهی سیستمهای چندملکولی خاصی هستند که پایهٔ تکامل تدریجی بعدی‌را تشکیل داده‌اند :

اولا ، ابتدا ترکیبات آلی مختلف دارای وزن ملکولی زیاد ، به‌صورت پلیمرهای نامنظمی ازهیدراتهای کربن، اسیدهای امینه ، یا نوکلئوتیدها در آب اقیانوس ابتدایی تشکیل یافت . اینها ازنظرگاه شیمی کلوئیدی نبایستی باآنچه امروزمی‌یابیم فرق بسیار داشته باشند . محلولهای این موادمانند محلولهای امروزهٔ پرتئینها ، پلی‌ساکاریدها واسیدهای نوکلئیك میل بسیار قابل ملاحظه‌ای به‌تشکیل اتصالهای بین ملکولی دارند. چون تشکیل قطره‌های کوچك کوآسروات به‌شرایط مخصوصی احتیاج ندارد و فقط هنگامی رخ‌می‌دهد که محلولهای پلیمرهای مختلف به‌سادگی باهم‌مخلوط‌شده باشند ، پیداشدن کوآسروتها بایستی نتیجهٔ مستقیم تشکیل این پلیمرها در اقیانوس ابتدایی بوده باشد . (به‌شکل۵ در آخر کتاب مراجعه شود)

ثانیاً باشکال می‌توان یك وسیلهٔ تغلیظ مواد پرتئین‌مانند و موادی دیگر با وزن ملکولی زیاد را یافت که مخصوصاً در حرارتهای متعارفی ونسبتاً پایین به‌اندازهٔ کوآسرواتبندی مؤثر باشد. به‌خوبی‌می‌دانیم که‌درمحلولهایی که‌تنها محتوی یك‌قسمت ژلاتین درمقابل ۱۰۰۰۰۰ قسمت‌آب‌باشند می‌توان‌کوآسروات به‌دست‌آورد. همان‌طور که قبلا نشان دادیم غلظت مواد آلی در اقیانوس ابتدایی‌زمین بایستی‌اقلا صدبرابر این‌غلظت بوده‌باشد.

ثالثاً قطره‌های کوچك کوآسرواتی که‌از «آبگوشت‌ابتدایی» جدا می‌شدند، کاملا از ملاٴ پیرامونشان مجزا نبودند. آنها به‌سیستمهایی‌مسدود تبدیل‌نمی‌شدند بلکه امکان‌داشتن تأثیرمتقابل باملاٴ خارج را که لازمهٔ تکامل بعدی آنها بوده حفظ نمودند.

رابعاً، وبالاخره پدیدهٔ تشکیل‌کوآسروات از نقطهٔ نظرما بویژه جالب است زیرا که مادهٔ حامل حیات در شکل فعلی‌آن- پرتوپلاسم[1] - نیز از لحاظ فیزیکوشیمی یك کوآسروات مرکب چند بخشی است.

این امر البته بدان معنی نیست‌که هر قطرهٔ کوچك کوآسروات، به‌هرحال زنده‌باشد. اختلاف‌عمیقی بین پرتوپلاسم وکوآسرواتهای معمولی وجود داردکه در وهلهٔ اول بر پایهٔ این حقیقت مبتنی است‌که ثبات این دو سیستم، یعنی قدرت بقایشان برای مدتهای طولانی روی‌اصول‌کاملا متفاوت بنا شده است.

---

۱. Protoplasm، مادهٔ شفاف، چسبنده، و کلوئیدی است که ساختمان اساسی‌جسم‌سلول را تشکیل می‌دهد. پرتوپلاسم‌بخش‌هستهٔ سلول راکاریوپلاسم Karyoplasm، و پرتوپلاسم بقیهٔ سلول را سیتوپلاسم Cytoplasm می‌نامند - م.

تغییر شکل کوآسرواتها به‌دستگاههای باز

کوآسرواتهایی‌را که مصنوعاً می‌سازیم وقطره‌های کوچکی که براثر جداشدن ازمحلول موادآلی آب‌اقیانوس به‌طور طبیعی پدیدآمدند ، ذاتاً ازنوع سیستمهای ساکن هستند. بقای طولانیتر یاکوتاهتر آنها به‌حفظ به‌موقع پایداری خواص سیستمها بستگی دارد واین امر نیز به‌حالت ثبات ترمودینامیك آنها وابسته است. یك‌قطرهٔ کوچك ، ازنظرگاه شیمی‌کلوئیدی هرچه تغییرناپذیرتر باشد ، احتمال ازبین رفتنش به‌عنوان یك صورتبندی واحدو در فاصلهٔ زمانی معین، یا به‌واسطه پیوستن به‌قطره‌های کوچك‌دیگر ، یا براثرمتلاشی شدن درمحلول محیطی ،کمتر می‌شود .

برعکس ، ساختمان کوآسرواتی ویژهٔ پرتوپلاسم زنده‌فقط تا هنگامی می‌تواند باقی بماند که عدهٔ پرشماری از پروسه‌های بیوشیمی را که روی هم متابلیسم را تشکیل می‌دهند ، با توالی ناگسستنی وسریع انجام دهد . اگراین پروسه‌ها متوقف شوندیا اساساً تغییریابند ، خود سیستم پرتو پلاسمی هم خراب می‌شود . بقای ممتدآن وپایداری شکلش‌با بی‌تغییری یاآرامش توأم‌نیست؛ بلکه باحرکت پایداری همراه است .

سیستمهایی نظیر آن در دنیای غیرآلی وجود دارد . این سیستمها به‌نام عمومی دستگاههای باز یا جاری نامیده شده‌اند ، ثبات به‌موقع خواص‌آنها نه با تعادل ترمودینامیك (همچنان که درمورد سیستمهای مجزا ازمحیطشان صادق است)، بلکه به‌وسیلهٔ وجود حالت ماندگاری مشخص می‌شودکه در آن سلسله اعمالی که به یك سو جریان دارند تا حدود معینی ثابت می‌مانند. این حالت ماندگارکه در سیستمهای باز وجود دارد ، از این لحاظ همانندتعادل‌ترمودینامیك‌سیستمهای مسدوداست‌که درهردومورد،

سیستمهای مربوط ثبات خواص خودرا مدتی حفظ می‌کنند. ولی اختلاف اساسی آنها در این است که در تعادل ترمودینامیك هیچ تغییر کلی درانرژی آزاد وجود ندارد (df = .) . درصورتی که در حالت ماندگار همیشه ، اما به‌میزانی ثـابت تغییر می‌کند . (df=const).[1]

مثالهای ابتدایی زیررا برای روشن شدن موضوع‌می‌توان آورد : یك‌سطل معمولی آب می‌تواند نمونهٔ یك سیستم مسدود و ساکن باشدکه آب را براثر نبودن هیچ‌پروسه‌ای در سطح ثابتی نگه می‌دارد. ازطرف دیگر، یك مخزن‌آب روان که از راه یك لوله‌آب به‌داخلش می‌ریزد واز راه‌لوله‌ای دیگر آب ازآن‌خارج می‌شود، یك‌سیستم باز وماندگار است. سطح‌آب چنین مخزنی‌را می‌توان ثابت نگه‌داشت؛ اما این امر فقط با برقراری رابطه‌ای ثابت‌میان سرعتهای جریان دخولی وجریان خروجی امکان‌پذیر است. با تغییراین رابطه می‌توانیم سطح دیگری به‌دست‌آوریم که در این صورت حالت ماندگارش را در شرایط جدید حفظ خواهدکرد .

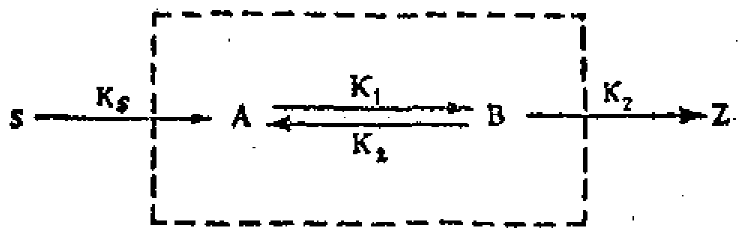
دراین مثال بسیار ساده سیستمی رامورد ملاحظه‌قرارداديم که درآن هیچ تغییری شیمیایی صورت نمی‌گیرد؛ اما از نظر ما سیستمهای باز وشیمیایی‌پیچیده‌ترجالبترند. دراین‌گونه‌سیستمها که به‌نحوی ازمحیط‌خود باحدودی مشخص مجزا می‌شوند،ورود ثابت ماده‌از محیط به‌درون سیستم وجود دارد . اما دراین‌مورد، مواد متحمل تغییراتی شیمیایی می‌شود ومحصولات این تغییرات به محیط بازگردانیده می‌گردد . بنابراین ثبات چنین سیستمی دریك‌فاصلهٔ زمانی، ثبات یك‌حالت ماندگار است که درآن‌نه‌تنها

---

۱. دراینجا df مبین تغییرات انرژی‌آزاد و Const به‌معنای مقدار ثابت است ـ م .

رابطهٔ ثابتی میان سرعتهای دخول و خروج مواد وجود دارد ، بلکه همچنین رابطهٔ ثابتی میان مواد مزبور وسرعتهای تغییرات شیمیایی موجود است که درداخل سیستم صورت می‌گیرند .

ساده‌ترین شکل چنین سیستمی را می‌توان بادیاگرام‌زیر نمایش داد .



خط چین ، مرز میان سیستم ومحیط را نشان می‌دهد . و درحالی‌که A و B موادی را نشان می‌دهندکه در سیستم، متحمل تغییر شیمیایی می‌شوند S و Z نمودار خود محیطند . Ks ، Kz ثابتهایی‌هستندکه سرعت عبور مواد از مرز سیستم به‌طریق‌انتشار یا هر راه دیگررا نشان می‌دهند و K_1 و K_2 مقادیر ثابت سرعت واکنشهای درون سیستمند .

وقتی‌که‌سرعت‌انتشار وسرعت‌واکنشها ثابت می‌ماند،سیستم به‌حالتی ماندگار می‌رسد و نسبت میان غلظتهای مواد ترکیبیش درحد معینی می‌ماند . هرتغییردرپارامترها موجب برهم‌خوردن تعادل می‌شود . امابعداً حالت ماندگار جدیدی برقرارمی‌گردد. شمارهٔ این حالتها نـامحدود است . از این‌رو اگر ما به‌چنین سیستمی ،کاتالیزری ضمیمه کنیم‌که انجام یك واکنش را تسریع کند ، در روابط میان همهٔ اجزای ترکیبی تعدیلی صورت‌خواهد گرفت؛ وچنین امری دریك سیستم مسدود به‌کلی نامکن است. چون‌که داخل‌کردن یك کاتالیزر درسیستمی مسدود فقط سرعت تعادلی را که سیستم بدان رسیده است تغییر می‌دهد نه سطح آن را .

درسلول زنده ، قضایا به‌نحو غیرقابل قیاسی پیچیده‌تراز این دیاگرام ساده شیمی‌است . دروهلهٔ اول نه یك‌واکنش‌منحصر به‌فرد ، بلکه یك رشتهٔ تمام‌ازاستحاله‌های شیمیایی بسیارمتوافق را باید درنظر بگیریم . قندی که از خیساندهٔ جو احاطه کنندهٔ مخمر داخل خمیر مایهٔ مزبور می‌شود ، در آن به محصولات نهایی‌تخمیر، یعنی الکل ودی‌اکسیدکربن استحاله پیدامی‌کند. این امر، مستقیماً، یعنی درنتیجهٔ یك عمل شیمیایی واحد اتفاق نمی‌افتد ، بلکه درنتیجهٔ یك‌سلسلهٔ پیچیده از واکنشهای ویژه‌ای پیش می‌آیدکه باهم تمامیتی را تشکیل می‌دهند . این واکنشها عبارتند از : فسفریلاسیون ، ایزومرسازی (Isomerisation) . احیا وگسستن اتصالهای کربن و غیره.

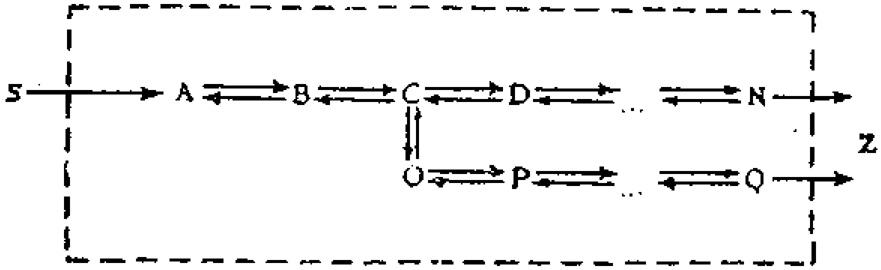
این مسئله‌را می‌توان بامقایسهٔ نمودار قبلی به‌ترتیب زیر نمایش داد :

$$S \longrightarrow A \rightleftharpoons B \rightleftharpoons C \rightleftharpoons D \rightleftharpoons \cdots \rightleftharpoons N \longrightarrow Z$$

باوجوداین اگراستحالهٔ موادفقط‌شکل یك‌رشته‌واکنشهای شیمیایی‌ساده بی‌انشعاب‌رابه‌خود می‌گرفت، هیچ‌نکتهٔ بیولوژیکی نداشت. انسان می‌توانست بگویدکه تخمیرالکلی برطبق‌نمودار بالا مسیر خـود را دنبال می‌کند ، بی آنکه برای سلول مخمر فایده‌ای داشته باشد .

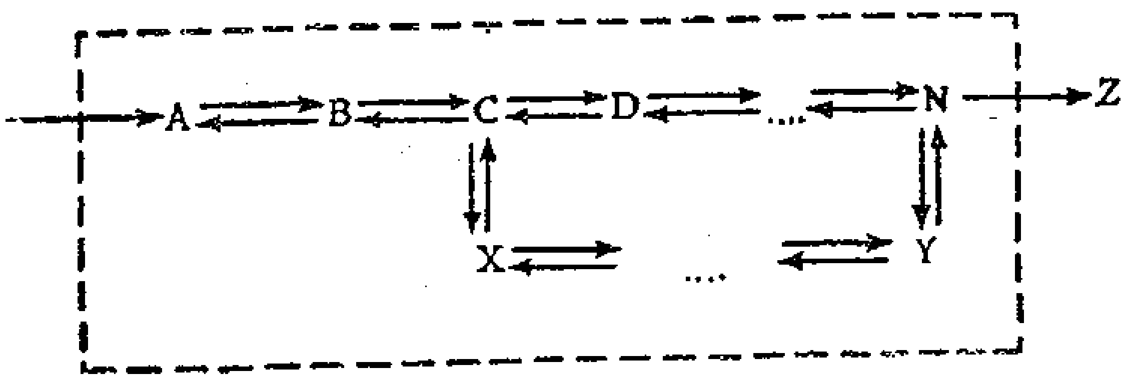
قضایا در واقعیت امر بدین‌صورت پیش‌نمی‌آید؛ بلکه رشتهٔ واکنشها در نقاط معینی، انشعابهای مرتبی می‌یابند . در نقاطی که این انشعابهاصورت می‌گیرد، مواد پرانرژی لازم برای‌سنتز «ماده ساختمانی» به‌سوی مجراهای جانبی واکنشهای هماهنگ کشیده می‌شوند. واین‌واکنشها موجب‌تولید ترکیباتی‌می‌گردند که برای ساختمان بدن زنده با ارزشند .

ازاین‌رو می‌توانیم نمودار خویش‌را حتی پیچیده‌تر کنیم‌و آن‌را به‌صورت زیر نشان بدهیم:



محصولات این واکنشهای سنتزی، همان‌طور که در نمودار نشان داده شده است ممکن است به‌محیط خارج رانده شوند ؛ یا اینکه مدتی کوتاه یا دراز در داخل سلول نگه‌داشته شوند و به‌رشد آن کمك کنند .

بالاخره رشته‌های‌واکنشهای بیوشیمی‌ممکن است‌سیکلهای مسدودی بسازند ؛ مانند :



دراین سیکلها تکرار معینی از پروسه‌های شیمیایی وجود دارد . اما درشاخه‌های فرعی‌تر رشتهٔ واکنشها ، همیشه انشعاب بر گشت‌ناپذیری ازپروسه هست؛ به‌طوری که متابلیسم‌بیولوژیك، مجموعاً ، همیشه در یك جهت جریان می‌یابد .

درپرتوپلاسم ، رشته‌ها وسیکلهای متابلیك پرشمارند ودر یك‌شبکهٔ متابلیك پرانشعاب واحد با ساختمانی منظم به‌یکدیگر مرتبط می‌شوند که هینشل‌وود C.Hinshelwood آن را به‌شبکهٔ راه‌آهن به‌خوبی توسعه یافته‌ای تشبیه کرده است . شبکه‌ای که روی‌آن قطارهای بسیار، در یك زمان ولی با سرعتهایی مختلف در حرکتند .

این صفت ویژهٔ جسم زنده است که تمام این توالی پیچیده و منظم پدیده‌ها در شرایط محیطی حکمفرمای یك زمان معین به‌طور ثابت درجهت صیانت ذات وخود بازسازی پیوستهٔ مجموعهٔ سیستم زنده سیر می کند .

علل بلافصل‌واساسی این توالی چیست؟ ازآنچه گفته شد، روشن است که رابطهٔ میان سرعتهای واکنشهای مختلفی که‌در بدن موجود زنده صورت می گیرد ، نقشی اساسی دارد. از این‌لحاظ مواد آلی که پایهٔ مادی پـرتوپلاسم را تشکیل می‌دهد ، برای ساختمان چنین شبکه‌ای که در بالا توصیف شد ، فوق‌العاده مناسب است. این کیفیت یکی از ویژگیهای موادآلی است که می‌توانند درگوناگونترین جهتها واکنش نشان دهند . وگرچـه دارای امکانهای بیشمار و متنوع شیمیایی هستند ولی این امکانها را در شرایط متعارفی ودر حالت جدایی ازجسم زنده بسیار کند تحقق می‌بخشند . با این حال ممکن است به‌طریقی بر آنها تأثیر کرد که فقط یکی‌ازواکنشهای ممکن‌یك ترکیب معین به‌طورانتخابی تسریع شود ؛ و بـدین سان ترکیب مـزبور را می‌توان وادار ساخت‌که در واکنشهای شیمیاییش سمت ویژه و جداً معینی را دنبال‌کند نـه آنکه در طول تمام مسیرهـایی که به‌رویش بازند سرگردان شود . واکنش در مسیر مزبور به سریعترین صورتی پیش می‌رود .

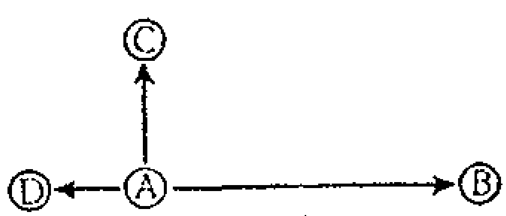
از این حیث، یك‌محلول ساده یا مخلوط یکنواخت مواد آلی ، به‌مثابه میدان بسیار وسیع و کاملا بی‌بندوبـار امکانـات شیمیایی جلوه می کند . اینجا می‌توان در هر جهتی سیر کرد ؛ اما همیشه با همان اشکال بررگ وبدین جهت بـا همان‌کندی . برعکس ، پرتوپلاسم مسیرهای مشخصی از پروسه‌های بیوشیمی را نشان می‌دهد. مسیری‌کامل از «خط‌سیرهایی که معقولانه‌ساخته

شده‌اند»، ودر امتدادشان استحاله‌های شیمیایی‌وتوأم باآنهاتغییر شکل انرژی «درمطابقت جدی‌بااصول‌وقواعد» پیوسته وباسرعتی عظیم جریان می‌یابد . هماهنگی سرعتهای تك تك واکنشهای متابلیکی که این رشتهٔ کامل را می‌سازند ، در جسم زنده به‌وسیلهٔ چند عامل که مهمترینشان فعالیت کاتالیزری آنزیمهاست تنظیم می‌گردد .

آنزیمهای پرتئین کنونی ، براثر ویژگی ساختمانشان ، عوامل شیمیایی فوق‌العاده مؤثر پرتوپلاسم هستند. به‌کمك‌آنها ، فعل وانفعالهای شیمیایی لازم برای جریان سریع پروسه‌های حیاتی نه‌تنها تسریع می‌شوند، بلکه درامتداد مسیرهای ویژه‌ای سیر می‌کنند. این امر بدین علت پیش می‌آید که آنزیمها با کاتالیزرهای غیرآلی فرق دارند . اولا آنها تأثیر کاتالیزری فوق‌العاده قوی دارند، ثانیاً دارای ویژگی‌کاتالیزری بسیارزیاد هستند ، ثالثاً قابلیت انعطاف قابل ملاحظه دارند ؛ به‌طوری‌که فعالیت‌کاتالیزریشان براثرتأثیرهای بسیارمتنوع خارجی‌وعوامل داخلی دارای حدود تغییرات بسیار وسیع است .

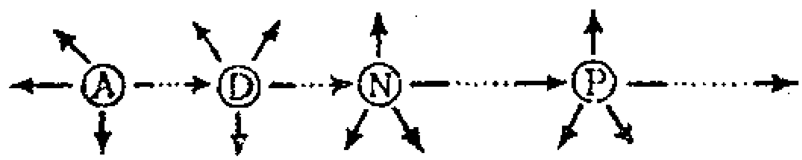
با مراجعه به‌طرح سادهٔ زیر می‌توان این نکته را روشن ساخت . فرض‌کنیم که مادهٔ آلی A می‌تواند به‌مواد D,C,B و غیره تبدیل شود . این استحاله‌ها در نمودار توسط حاملهایی نموده شده‌اند که طولهایشان باسرعت واکنشهای‌مربوطه مطابقت دارد.

بدین سان سرعت واکنش A→B هفت برابر سرعت واکنش A→D است در حالی‌که واکنش اخیر فقط با نصف سرعت A→C پیش‌می‌آید. طبعاً هنگامی‌که زمان معینی گذشت و تمام مادهٔ A که ابتدا موجود بود، ازمیان‌رفت، مخلوط‌حاصل محتوی ۷۰



درصد از مادهٔ B ، ۲۰ درصد از مادهٔ C و ده درصد از مادهٔ D می‌گردد . اگر تغییری غیراختصاصی بدهیم که همهٔ واکنشها را به‌طور برابر تسریع نماید ، تغییرات سریعتر صورت خواهد گرفت. اما نسبت مواد حاصل درپایان همچنان باقی‌خواهد ماند ومادهٔ B مثل گذشته تفوق خواهد داشت. ولی اگرآنزیمی را در مخلوط اولیه داخل‌کنیم که واکنش A→D را میلیونها برابر تسریع کند بی‌آنکه بر سرعت واکنشهای دیگر تأثیر نماید ، تقریباً تمام مادهٔ A به‌مادهٔ D تبدیل می‌شود و سایر واکنشهای ممکن اهمیت عملی پیدا نکنند .

مادهٔ D که بدینسان پدید می‌آید ، مانند هر ترکیب‌آلی دیگری استعدادهای شیمیایی بسیار دارد؛ اما درحضور یك‌آنزیم اختصاصی‌جدید، فقط یك مسیرراکه‌آنزیم مزبور برای‌آن هموار می‌کند ، دنبال خواهد نمود . از این‌رو زنجیری از واکنشهای متوالی وازلحاظ زمانی هم‌آهنگ پدید می‌آید .



اما ایجاد چنین زنجیری فقط درجایی امکان‌پذیر است که مجموعهٔ‌کاملی‌ازآنزیمهایی که هرکدامشان به‌حلقهٔ مربوطهٔ‌زنجیر اختصاص دارد، وجود داشته باشد. در شیرهٔ بوخنر Buchner که ازمخمرقند گرفته می‌شود، می‌توانیم‌مجموعهٔ‌بزرگی‌ازآنزیمهایی را بیابیم‌که‌درحالی‌که باهمزمانی‌عمل می‌کنند، می‌توانند زنجیر واکنشهای تبدیل قند به‌الکل و دی‌اکسیدکربن (CO_2) را تولید کنند؛ واین‌کار هم البته دریك مسیریك خطی وبدون انشعاب در زنجیر واکنشها صورت می‌گیرد .

وقتی‌که به‌عوض زنجیرساده واکنشها سلسلهٔ انشعابداری‌را مورد بحث قرارمی‌دهیم ، نه‌تنها وجود همهٔ‌آنزیمهای ضروری‌را

بلکه رابطهٔ میان فعالیتهای کاتالیزری را نیز باید در نظر بگیریم. درچنین موردی محصولات واسطه‌ای که در نقاط انشعاب زنجیر ایجاد می‌شوند ، نه یك مسیر بلکه حداقل دو مسیر را دنبال می‌کنند . نسبت مربوط به هر مسیر به‌فعالیت کاتالیزری نسبی آنزیمهای ویژه‌ای بستگی دارد که در این خطسیرها داخل می‌شوند .

در مورد جسم‌زنده، با در نظر گرفتن شبکهٔ فوق‌العاده‌دقیق متابلیسمش، موضوع بازهم‌پیچیده‌تر است. دراینجا بایدهماهنگی دقیق و درعین‌حال بسیار همه‌جانبه‌ای از فعالیتهای کاتالیزری‌همهٔ آنزیمها در زرادخانهٔ پرذخیرهٔ پرتوپلاسم موجود باشد . این هماهنگی به‌میزان‌زیادی‌مبتنی برقابلیت‌انعطاف فوق‌العادهٔ آنزیمها وتنوع زیاد فعالیت‌آنها تحت تأثیر بسیاری از عوامل خارجی و داخلی است .

هیچ عامل فیزیکی یا شیمیایی و هیچ ترکیب‌آلی یا نمك معدنی وجود نداردکه نتواند به نحوی از انحا در خط سیر واکنشهای آنزیمی‌تأثیر کند. هرافزایش یاکاهش درجهٔ حرارت، هرگونه تغییر دراسیدیتهٔ محیط ، درقدرت‌احیا واکسیدکنندگی آن ، در نمکهای محلول در آن و یا هرگونه تغییر در فشار اسمزی‌اش ، در رابطهٔ بین سرعتهای واکنشهای آنزیمی تأثیر می‌کند؛ و بدین‌سان ارتباطهای متقابل‌آنها را درشبکهٔ واکنشهای متابلیسمی تغییرمی‌دهد. ازاین‌لحاظ پیداشدن وتکامل نوعی‌جدید از فعال‌کننده‌ها یا بازدارنده‌های اختصاصی در درون پرتوپلاسم که‌فعالیت‌یك یا دیگر آنزیم پرتوپلاسمی‌را به‌نحو انتخابی‌تقویت یا تضعیف می‌نمایند ، بسیارمهم است .

ما همچنین باید نقش استثنایی سازمان فضایی پرتوپلاسم در متابلیسم بیولوژیك را به خاطر داشته باشیم . آنزیمها

بیشتر روی فصلهـای مشترك سطوح و روی صورتبندیهـای پرتوپلاسم متمرکز می‌شوند. دراینجا تو گویی کـه آنزیمها در «خطوط تولیدی» معقولانه‌ای «سوار شده‌اند» و هر کدامشان کار بیولوژیکی خود را انجام می‌دهند. هر گونه تغییر دراین‌خطوط نه فقط سرعت واکنشهایی راکه توسط آنزیمهاکاتالیزشده‌اند زیاد یاکم می‌کند، بلکه ممکن‌است تعادل‌ماندگار واکنشهای شیمیایی را درجهت ترکیب یاتجزیه تغییردهند. این امرطبعاً برای ثبات تمام سیستم زنده، حتی برای بقای‌آن در شرایط معین محیطی، حائز اهمیت قاطعی است.

گفته‌های خود را خلاصه کنیم. مهمترین چیزی که بایـد مورد توجه باشد پیچیدگی فوق‌العاده و تنوع عوامل تعیین‌کنندهٔ سازمان پرتوپلاسم‌کنونی است. یعنی عواملی‌که ساختمان شبکهٔ واکنشهای متابلیسمی به‌آنها بستگی دارد. تمام این پدیده‌برپایهٔ خواص شیمیایی ترکیبات آلی سازندهٔ جسم زنـده مبتنی است. تنوع زیاد این ترکیبات و حدود وسیع حیطهٔ فعل و انفعالهای آنها به‌تنهایی به‌رویداد بسیاری ازاستحاله‌های شیمیایی‌وترکیبات بیشمارشان امکان می‌دهد. حیات ازمیان‌این‌میدان وسیع‌امکانات، خط سیرهای معینی ازپروسه‌های بیوشیمی راگرفته‌است. این یك صفت ویژهٔموجودات‌زنده‌است‌که دارای‌شبکهٔ واکنشهای‌متابلیسمی بسیار عالی تکامل یافته هستند. شبکه‌ای که سازمانش به‌وسیلـهٔ ترکیب دقیقی از انواع مختلف عوامل، یعنی وجود مجموعـهٔ ویژه‌ای ازآنزیمها، روابط‌کمی‌آنها، اوضاع فیزیکی و شیمیایی معمول در پرتوپلاسم، خواص‌کلوئیدی آن، و بالاخره به‌وسیلهٔ سازماندهی ساختمانی یافضایی ملکولها وسیستمهای‌چندملکولی آن معین می‌شود.

موادی‌که نقشهای عمده را درسازمان اجسام زنده برعهده دارند، آنهایی نیستندکه براثرتصادف به‌درونشان وارد می‌شوند؛

بلکه پرتئینها ، اسیدهای نوکلئیك و دیگر ترکیبات پیچیده و گوناگون‌آلی هستندکه پیوسته درپرتوپلاسم ساخته‌می‌شوند و ساختمانی‌ویژه بااعمال بیولوژیکی مخصوص دارند. تولید مداوم چنین ترکیباتی وتشکیل ساختمانهایی ازآنها بواسطهٔ کارآیی سازمان شبکهٔواکنشهای متابلیك تأمین می‌گردد. ازسوی دیگر، هریك ازاین مواد و ساختمانها درسرعتها و جهتها و ارتباطهای متقابل واکنشهایی که درپرتوپلاسم صورت می‌گیرند وبه‌این‌جهت درتوالی منظمی‌که موجب ترکیب‌خاص‌پرتوپلاسم وساختمانهایش می‌گردد ، نوعی تأثیردارد .

بدین‌طریق ، حلقهٔ بسیار ریزبافته‌ای از پدیده‌های درهم رفته‌پدید می‌آید. می‌توانیم تك‌تك اتصالهای این‌حلقه رابرحسب قوانین فیزیك وشیمی بشناسیم. بدین ترتیب می‌توانیم دریابیم‌که **چگونه** بعضی ازساختمانها باترکیبات خاصی درپرتوپلاسم‌ساخته می‌شوند؛ و **چگونه** آنهـا درسرعت و توالی واکنشهای بیوشیمی تمام شبکهٔ متابلیسم تأثیرمی‌کنند. اما به‌کاربستن تنهااین قوانین درمطالعهٔ فیزیکی‌وشیمیایی‌اجسام زنده به‌صورتی‌که امروزه‌وجود دارند . هرگزما را به‌پاسخگویی این پرسش قادرنخواهدساخت که: **چرا** این سلسلهٔ زنده‌آنچنان‌که هست، تااین اندازه تمامیت یافته وبا صیانت ذات وخود بازسازی مداوم تمام سیستم زنده در شرایط معین موجودیتش سازگار شده است . بدین منظور مسئله را باید در زمینهٔ تکاملی‌آن مورد توجه قراردهیم. یعنی‌اصلاحات پی‌درپی‌ای‌را بررسی کنیم‌که موجب دگرگونی‌سیستمهای بی‌حیات اولیه به‌نخستین موجودات زنده‌شدند؛ موجوداتی‌که درآن‌هنگام سازمانی بسیارعالی یافته بودند. بعید است‌که این دگرگونی بر اثرتصادف رخ داده باشد، بلکه برعکس بایستی‌به‌پیروی‌ازقانونی صورت گرفته باشد .

تکامل تدریجی دستگاههای کوآسروات اصلی

قطره‌های کوچك کوآسرواتی که درآب هیدروسفر تشکیل شدند ، نتیجهٔ اجتناب ناپذیر تشکیل پلیمرهایی شبیه پرتئینها و اسیدهای نوکلئیك بودند. اما تشکیل آنها در پروسهٔ تکامل تدریجی موادآلی بی‌زیست خاسته همچنین مرحلهٔ بسیارمهمی بود. پیش‌از آنکه چنین سازمانی پیدا شود ، مواد آلی «آبگوشت ابتدایی» به نحو انفکاك ناپذیری باملأ پیرامون مخلوط بودند و وجود مستقلی تشکیل نمی‌دادند . با تشکیل کوآسرواتها ، ملکولهای موادآلی درنقاط خاصی تمرکز یافتند وازمحیط پیرامون به‌وسیلهٔ مرزکم و بیش مشخصی مجزا شدند. بدین‌طریق سیستمهای چند ملکولی کامل پدیدآمدند که هر کدامشان فردیت معینی‌داشت واز این‌حیث، دربرابر تمام جهان اطرافش قد برافراشت. سرگذشت بعدی چنین قطره کوچك کوآسرواتی می‌توانست با سرگذشت سیستم منفرد دیگری که درجنب‌آن بود، فرق اساسی داشته‌باشد. سرنوشت قطره را درآن هنگام، تنها شرایط عمومی محیط‌خارج تعیین‌نمی‌کرد، بلکه سازمان مکانی وزمانی ویژهٔ درون خودقطره نیز نقش تعیین‌کننده‌ای داشت، این سازمانبندی ازحیث تفصیلی که داشت، ویژهٔ آن قطره خاص بود وهریك از قطره‌های دیگر نیز می‌توانست دارای ترتیبات متفاوت و مخصوص به‌خود باشد .

چه شرایطی بقای فردی هر ذره کوآسرواتی را درآب هیدروسفر ابتدایی تعیین می‌کرد؟ کوآسرواتهای مرکبی که با اختلاط ساده محلولهای دوترکیب کلوئید مصنوعاً به‌دست می‌آیند، همان‌طور که دیده‌ایم ، صورتبندیهایی می‌باشند که ثباتشان شکل سکونی دارد و دوران بقای طولانی‌تر یا کوتاهترشان به‌وسیلهٔ قابلیتهای انحلال نسبی‌آنها یا به‌واسطهٔ وجود یك ورقهٔ سطحی

تعیین می‌شود که خواص سیستم را درطی زمان ثابت نگه‌می‌دارد.

به‌هرحال، این‌آن نوع‌ثبات مناسب برای سیستمی نبود که در راه تکامل تدریجی ماده به سوی پیدا شدن حیات ، می‌بایست نقش قاطع را ایفاکند . این تکامل فقط براساس تأثیر متقابل سیستم و ملأ پیرامونش ، یعنی براساس صورتبندی سیستمهای باز می‌توانست صورت گیرد . قطره‌های کوآسروات، که به‌نحوی از انحا در هیدروسفر ابتدایی تشکیل می‌شدند فقط درآب غوطه‌ور نبودند ، بلکه محیطشان محلولی از ترکیبات گوناگون آلی و نمکهای معدنی بود .

مواد این محیط بایستی به‌طورانتخابی ازمیان قشرسطحی قطره‌هاگذشته ، و به وسیلهٔ مواد موجود درآنها به‌نحو انتخابی جذب سطحی شده و سپس با آنها وارد واکنشهایی شده باشد تا محصولاتشان در قطره ابقا گردیده ، یا اینکه از آن دفع شده و به‌داخل ملأ خارج بازگردانیده شود . البته این فعل و انفعالها بسیار آهسته روی می‌دادنــد و شبکهٔ به‌هم بسته‌ای از پروسه‌ها را تشکیل نمی‌دادند، زیرا هنوزلازمهٔ بقای ممتدوثبات قطرهٔ کوچك کوآسروات نشده بودند . با وجوداین، حتی در این مرحلــهٔ ابتدایی ازتکامل تدریجی سیستمهای اصلیمان، این فعل وانفعالها بایستی‌دارای دوخاصیت‌شده باشندکه برای‌تکامل بعدی ماده‌بسیار مهم بود. .

ازیك سو،ویژگیهای‌فیزیکوشیمیایی‌فردی‌سازمان‌قطره‌های کوآسروات خاص بر واکنشهای شیمیایی کــه در درونشان رخ می‌دادند ، مهرخویش را زدند . وجود این یا آن ماده یا بنیان درقطره‌ای‌خاص، وجود یاعدم ساده‌ترین‌کاتالیزرهای معدنی‌مانند املاح‌آهن، مس،کلسیم و غیره، درجهٔ غلظت مواد پرتئین مانند و مواد دیگردارای‌وزن‌ملکولی‌زیادی که کوآسروات‌را می‌ساختند، وساختمان ویژهٔ آن، همگی متضمن سرعتها وجهتهای واکنشهای

مختلف شیمیایی بود که درقطرهٔ مفروض صورت می‌گرفتند. تمام اینها به‌پروسه‌هایی شیمیایی که درآن پدیدآمدند، خصلت‌ویژه‌ای دادند. از این رو، میان ساختمان و سازمانبندی قطرهٔ کوچك مفروض و استحاله‌هایی شیمیایی که در آن صورت می‌گرفتند، بستگی معینی وجود داشت. این استحاله‌ها درقطره‌های مختلف، بسته به ویژگیهای فردی سیستم مفروض، تطابق زمانی متفاوتی داشتند.

انتخاب دستگاههای اصلی

ازسوی دیگر، بعضی ازپروسه‌های شیمیایی که در هرقطره رخ می‌دادند، حتی اگر ناقص می‌بودند یا حتی از این فراتر هرگونه بستگی زنجیری چنین پروسه‌هایی همیشه ضرورتاً به‌یك سرنوشت دچار نمی‌شد. یکی از این پروسه‌ها ممکن بود که در شرایط خاص خارجی پایداری زیاد و بقایی طولانی به‌یك قطره کوچك خاص بدهد. ازاین لحاظ، پروسهٔ مزبور سودمند می‌شد و دارای اهمیت مثبتی می‌گردید. برعکس، پروسه‌ها وبستگیهای زنجیری نوع دیگر براثرزیانبخشی به‌صورتبندی خاص مفروض، خصلتی منفی داشته‌اند. زیرا وجودشان موجب تلاشی و نابودی دستگاههایی می‌شد که خود درآنها پدید آمده بودند. اما چنین دستگاههای کوآسرواتی، از آنجاکه عمرشان کوتاه بود و زود سپری می‌شد، نمی‌توانستند درتکامل تدریجی بعدی صورتبندیهای آلی نقش اساسی داشته باشند. سیستمهایی که دراین شرایط کم و بیش دوام داشتند، فقط‌سیستمهایی بودند که سازمانی‌خاص‌داشتند. سازمانی که به‌انجام مجموعه‌ای از واکنشهای شیمیایی‌مفید برای بقای آنها کمك می‌کرد.

از این رو، حتی دراین مرحله از تکامل تدریجی ماده،

انتخاب معینی از سیستمهای سانمند کلوئیدی پدید آمد. دستگاههای منتخب آنهایی بودند که سازمانشان با وظیفهٔ حفظ موجودیت ارگانیسم خاص در شرایط تأثیر متقابل استمراری با ملاء پیرامونش مناسب شده بود.

البته این «انتخاب»، هنوز بسیار ابتدایی بود و نمی‌توان آن‌را «انتخاب طبیعی» به‌مفهوم زیست‌شناسی و دقیق کلمه، مستقیماً و کاملا برابر ساخت. اما تکامل تدریجی بعدی دستگاههای منفرد آلی تحت حمایت آن پیش رفت و بدین جهت سمت معینی گرفت. پیش از همه، خود طبیعت ثبات سیستمهای کلوئید بر اثر این تکامل جهتدار تغییر اساسی یافت.

پایداری قطره‌های کوچك کوآسرواتی که ابتدا در آب هیدروسفر ابتدایی ظاهر شدند ممکن است مثل ثبات کوآسرواتهای ژلاتین وصمغ عربی که مصنوعاً در آزمایشگاه به‌دست می‌آیند، در اصل بر اساس همان اصول سکون مبتنی بوده باشد. حالت کوآسرواتی وسازمانبندی پروسه‌هایی که درقطره کوچك صورت می‌گرفت، ممکن است که تا اندازه‌ای مستقل از یکدیگر بوده باشد. اما به‌دلایل بالا، هنگامی که تکامل تدریجی جهتی یافت این دو پروسه بایستی هرچه بیشتر در واحد منفردی سازمان یافته باشند. زیرا وجود سیستم به‌شبکهٔ واکنشهایی بستگی داشت که درون آن صورت می‌پذیرفتند؛ درحالی که ازطرف دیگر وضع خود شبکه‌را تمام سازمان سیستم تعیین می‌نمود. وقتی که با نبودن یك چنین هماهنگی‌ای تأثیر متقابل سیستم و ملاء خارج به‌نحو ثابت موجود باشد، دستگاه باید بسیار تند ازهم بپاشد و به‌عنوان یك صورتبندی ازمیان برود. اگر تأثیر متقابل دستگاه و ملاء به‌دلیلی گسیخته شود، دستگاه ساکن خود به‌خود از پروسهٔ عمومی تکامل تدریجی خارج می‌شود.

مثلا اگر پایداری قطره‌های کوچك کوآسروات به تشکیل غشاهای سطحی محکمی بستگی می‌داشت که. به‌خودی خود و باسرعت معینی متلاشی می‌شدند ولی در جریان فعل و انفعالهای شیمیایی درون قطره کوچك ازنوساخته می‌شدند . دراین صورت پایداری قطره‌را رابطهٔ میان سرعتهای پروسه‌های تلاشی و بازسازی قشرهای سطحی تعیین می‌کرد . اگرسرعت تشکیل قشرهای سطحی زیاد می‌شد، آن‌وقت پایداری دینامیك قطره کوچك بسیارزیادمی گردید. در چنین موردی تسریع .واکنشهای شیمیایی درون قطرمثبات ودرنتیجه، «بقای» آن را درشرایط معین خارجی تأمین می‌کرد. این تأثیر به‌مثابهٔ عاملی پایدارکننده درقطره تأثیر می‌نمود. اگر سرعت تشکیل قشرسطحی کمتر ازسرعت انهدام آن می‌شد ، قطره زود ازهم می‌پاشید . بالاخره ، اگر قشرهای سطحی قطره‌ها ، بی‌ارتباط به‌واکنشهای داخل قطره کوچك ، خود صلابت زیاد و پایداری فوق‌العاده‌ای کسب می‌کردند ، آن وقت چنین سیستم کلوئیدی ساکنی ازپروسهٔ تکامل تدریجی حذف می‌شد. بنابراین، پایداری سیستمهای اصلی، درنتیجهٔ تکامل تدریجی سمت یافته‌شان خصلت بیش‌ازپیش دینامیکی به‌خود گرفت. قطره‌های کوآسروات به‌تدریج به‌سیستمهای بازتغییرشکل یافتندوخود بقایشان‌درشرایط محیطی خاص به سازمان بندی رشته‌های اعمالی بستگی داشت‌که در داخلشان صورت می‌گرفت. به‌دیگرسخن ، طول عمرآنهادر واقع بر اساس تأثیر متقابل دائمی آنها و ملاء خارج مبتنی بوده است . این پیدا شدن نیروی صیانت ذات می‌تواند به مثابهٔ نخستین نتیجهٔ تکامل تدریجی سمت یافتهٔسیستمهای اصلیمان‌تلقی شود .

دومین گامی‌که به‌همان سو به‌پیش برداشته شد، پیدا شدن سیستمهایی‌بود که نه‌تنها قادر به‌صیانت خود بودند، بلکه‌همچنین

می‌توانستند نموکنند و باصرف موادی‌ازملأ[۹] خارج برجرم خویش بیفزایند. حالت ماندگار دستگاههای باز درهرلحظهٔ معین حفظ می‌شود واین بدان علت نیست که انرژی آزادشان همچنانکه در یك تعادل ترمودینامیك دیده می‌شود، درحداقل است، بلکه‌بدین جهت‌است که این‌سیستمها پیوسته از انرژی‌آزاد ملأ[۹] پیرامونشان آن مقدار دریافت می‌کنند که‌کاهش انرژی را درسیستمها جبران نماید. درمورد دستگاه‌های‌شیمیایی‌بازی‌همچون قطره‌های‌کوچك کوآسروات هیدروسفر ابتدایی، دریافت انرژی آزاد از محیط خارج به‌طورعمده به‌وسیلهٔ‌داخل‌شدن‌ترکیبات‌آلی‌نسبتاً پرانرژی درقطره، وشرکت آنها دربعضی از واکنشهای شیمیایی درون‌آن فراهم می‌شود. اما هنگامی‌که واکنشهای شیمیایی‌جریان دارند، سیستمهای باز وبسته ازلحاظ سینتیك[۱] باهم فرق می‌کنند. زیرا در اولی تعادل به‌وسیلهٔ برابری سرعتهای واکنش به‌سمت جلو و عکس‌آن حفظ می‌شود، وبنابراین، نتیجه این‌می‌شود که‌افزایش درجرم‌آنها‌نمی‌تواند حاصل‌شود. ازطرف دیگر، در دستگاههای بازدارای حالت ماندگار، سرعت واکنش‌دریك جهت منظماً بیشتر از سرعت در جهت دیگر می‌شود. و از این‌رو برای آنها امکان داردکه‌آن‌چنان تمامیتی از واکنشها در داخل سیستمهای مزبور حاصل شودکه به‌افزایش جرم سیستم منجرگردد. سیستمهای مزبور درپروسهٔ تکامل تدریجی‌سمت یافته وامتیاز مسلمی‌داشتند؛ و بنابراین، براثر عمل «انتخاب» در میان صورتبندیهایی‌که به‌وجود می‌آمدند، موقعیت ممتازی را اشغال نمودند.

---

۱. Cinétique یا Kinetics سینتیك درفیزیك بخشی از دینامیك (علم‌القوا) است‌که تأثیر نیروها را برحرکت اجسام مادی‌بررسی می‌کند. امادرشیمی منظورازسینتیك علمی‌است‌که سرعت‌واکنشهای شیمیایی را مورد مطالعه وبررسی قرارمی‌دهد ودربالاهم به‌همین مفهوم آمده است ـــ م.

قطره‌های کوآسروات ساکن مصنوعی نمی‌توانندخودبه‌خود تقسیم شوند. برعکس، نیروهای کشش سطحی سبب می‌شوند که قطره‌های مزبور باهم‌یکی گردند و تنها وجود ورقه‌ای سطحی است که تا اندازه‌ای مانع این امر است.

اما همان‌طورکه می‌دانیم، حتی دراین سیستمهای ساکن نیز می‌توان به‌وسیلهٔ تأثیرات خارجی ـ مانند تکان ساده‌ای در ساختن یك شیرابه[1] موجب تکه تکه شدن گردید. گمان می‌رود که پیشینترین کوآسرواتهای رشد یابنده به‌طریق مشابهی (مثلا براثر برخورد امواج) تقسیم می‌شده‌اند. تقسیم قطره‌هایی‌که در آن هنگام دارای مشخصات سیستم ماندگار دینامیك بودند و بقایشان به‌رشته‌های اعمالی بستگی داشت‌که درون آن جریان می‌یافت، می‌توانست به‌وسیلهٔ علل داخلی پیش بیاید. مثلا، این امر هنگامی بودکه فشاراسمزی داخلی براثرهیدرولیزترکیبات با وزن ملکولی زیاد، با چنان سرعتی بالا می‌رفت‌که بسیار بیش از طاقت قشر خارجی قطره می‌شد.

از این‌رو، درنتیجـهٔ تأثیر متقابل ثابت سیستمهای اصلی مورد بحث دربالا باملأ خارجی، افزایش تدریجی درشمارهٔاین سیستمها حاصل شد. اما این افزایش‌همیشه تحت‌کنترل شدیدیك «انتخاب» صورت می‌گرفت و این امر فقط‌کارآمدترین سیستمها را برای تکامل‌بعدی‌ابقاکرد؛ به‌طوری‌که کیفیت سازمانبندی‌آنها همیشه در جهتی خاص تغییر می‌کرد. دستگاهها شروع کردند به‌اینکه نه‌تنها بالقوه پایدارگردند، بلکه‌بالفعل دینامیك شوند. ما می‌توانیم این پدیده را به‌مثابهٔ سومین‌گام مهم در تکامل سمت

---

1. Emulsion یا شیرابه، مخلوطی است ازدومایع یکی‌ازاین دومایع به‌صورت‌قطره‌های بسیارکوچکی به‌قطرکمترازیك‌میکرن،و در دیگری، به حالت پخش، پراکنده است ـم.

یافته به سوی منشأ حیات تلقی کنیم.

درمراحل اولیهٔ تکامل تدریجی که مورد نظر ماست، می‌توانیم سرنوشت هر تك قطرهٔ کوچك کوآسروات منفرد را قطع نظر از ارتباط آن با قطره‌های دیگر همانندش تصور کنیم. موضوع مهم‌در مورد بقای یك‌قطرهٔ کوچك خاص به‌صورت یك‌سیستم باز ـ سیستم باز به‌علت داشتن قوهٔ صیانت ذات دریك حالت تأثیر متقابل‌مداوم باملأ خارج‌ـ عبارت‌از نسبت سرعتهای پروسه‌هایی‌است که در درون قطره صورت می‌گیرند، نه قدر مطلق آن سرعتها.

باتجربهٔ آزمایشگاهی‌مستقیمی‌می‌توان نشان‌داد که هنگامی که چند دستگاه شیمیایی ماندگار وهمتراز دریك محیط خارجی مشترك وجود داشته باشند ، جریان بیشتر مواد از راه سیستمی صورت می گیرد که سازمان آن (مثلا بر اثر حضور کاتالیزرهایی مؤثر) استحالهٔ شیمیایی را باسرعت بیشترصورت می‌دهد. ازاین لحاظ، آن سیستم ماندگارشیمیایی که اعمال‌شیمیایی‌درون‌آن در شرایط معین به سریعترین صورت انجام می‌یابد ، تا وقتی که افزایش‌سرعت اعمال مزبور تعادل ضروربرای صیانت ذات سیستم را برهم نزده ، یعنی تا زمانی که با بقای طولانی سیستم باز مربوطه سازگار بماند ، بردیگر سیستمهای ماندگار همتراز ، برتری دارد.

از این‌رو می‌توان دریافت که قطرهٔ کوچك کوآسروات دینامیك وپایداری که می‌تواند خود را نگه‌دارد و رشد نماید وبا داشتن تأثیر متقابل برملأ خارج قابلیت تبدیل سریعترمواد را کسب کند، درحالی که بردیگر قطره‌های خردی که در محلول همان ترکیبات آلی و معدنی شناورند ، ولی رشته‌های اعمال شیمیایی ویژه خود را آهسته‌تر انجام می‌دهند، برتری قابل ملاحظه‌ای دارد.

این قطره‌های دینامیکتر، بخش هرچه بیشتر جرم کل کوآسروات را تشکیل خواهند داد. میان قطره‌های کوچك بر اساس سرعت‌نموشان وسرعت رشته اعمالی که درداخل آنهاصورت می‌گیرد، رقابتی ایجاد می‌شود.

بااین حال باید توجه داشت که نیروی صیانت ذات وحتی نمو سریع همهٔ سیستمهای دینامیك، به‌معنای تغییر ناپذیری کامل سیستم نیست. برعکس، یك قطره کوچك کوآسروات ماندگار، یا هرسیستم باز دیگر می‌تواند مدتی دراز تمامیت خودرا حفظ کند و درعین حال ترکیب خود وشبکهٔ واکنشهای داخلیش راتا وقتی پیوسته تغییردهدکه این تغییرات، پایداری دینامیك آن را برهم نزده باشند. این گونه تغییرات در واقع بایستی در راهی رخ داده باشند که به‌منشأحیات منجر گردیده است. زیرا تکامل پیشرو سیستمهای اصلی، به‌تغییرات مزبور بستگی داشته است. بدون این تغییرات هیچ موجود جدیدی به‌علت انتخاب طبیعی و تکامل بعدی سیستمها به‌وجود نمی‌آمد و آن سیستمها درمرحلهٔ خاصی دچار «انجماد» می‌شدند.

منشأ ارگانیسمهای نخستین

اما این امر طبعاً فوق‌العاده مهم بودکه تغییرات مزبور نمی‌بایست از حدود سازگاری با پایداری دینامیك سیستم تجاوز کنند. اگرچنین می‌شد، چنان آشفتگی شدیدی در تعادل ایجاد می‌گردیدکه همیشه خطر آن بودکه سیستم ثبات خودرا از دست بدهد وازمیان برود. ازاین‌روهنگامی که سیستمهای‌اصلی به‌سرعت و توده واربسط می یافتند، تنها سیستمهایی برای تکامل بعدی انتخاب شدندکه درآنهاشبکهٔ واکنشهاطوری هم‌آهنگی‌یافته بود کـه به‌طور ثابت رشته‌ها و حتی سیکلهای تکراری مسدودی از

واکنشهادرآنها به‌وجود آمدند که واکنشهایشان همیشه مسیر یك سیکل مربوط به‌خود را دنبال می‌کردند ؛ و فقط درنقاط معینی بود کــه انشعاب درآنها صورت می‌گرفت. این امر موجب شد که مقادیرجدیدی ازمحصولات متابلیك ویژه به‌طور ثابت تولید شود.

درنتیجهٔ این ثبات تکرار واکنشهای به‌هم بسته‌ای که در یك شبکهٔ واحد منظم شده بودند، نیروی خود باز سازی که‌صفت ویژهٔ موجودات زنده است پدیدآمد. می‌توان ازهنگام پیدا شدن این قوه به‌مثابهٔ خاستگاه حیات سخن گفت . در این مرحله از تکامل ماده ، انتخاب طبیعی اهمیت بیولوژیك کامل خود را کسب نموده وبرپایهٔ آن، سازش ارگانیسمها باشرایط هستی‌شان عالیتر و باز هم عالیتر گردید و همهٔ اجزای ساختمان درونی آنها با اعمالی کــه انجام می‌دادنــد مطابقت دقیقی یافت . این امر در واقع به مثابــهٔ همـان تکامل « تضمن مقصود » شگفت انگیــز ساختمان بدن موجودات زنــده است که پیشتر دربارهٔ آن سخن گفتیم .

هریك ازگامهایی که در راه تکامل حیات برداشته‌شد وما بدانها اشاره کردیم، بااصلاح سازماندهی‌متابلیسم‌توأم‌بوده‌است. واکنشهای منفردی که دراصل پراکنده بودند ، به‌هم پیوستند و به‌رشته واکنشهایی تبدیل شدند که بعداً درازتر و بازهم درازتر گشته و سپس منشعب شدند وبه‌صورت سیکلهای‌مسدود درآمدند. واین رشته‌ها و سیکلهای منفرد به‌هم، پیوسته وبه‌صورت یك‌شبکهٔ متابلیك بازهم‌کاملتر وکارآمدتر متحد شدند. درشبکهٔ مزبور ، واکنشهای سنتزی مکرر با واکنشهای انهدامی تجزیــه به‌دقت درآمیختند . واکنشهای انهدامی تجزیه علاوه برتولیــد قطعات ملکولی کــه گروه کثیری از مواد ویژه را تشکیل می‌دادنــد و

ساختمانهای چند ملکولی نیز ازآنها حاصل‌می‌شد، انرژی آزاد مورد نیاز سنتز را نیز تولید می‌کردند. این صورتبندی، خطوط استانداردی را دنبال نمود که در رشته‌های دراز وپیچیدهٔ متابلیسم به‌وسیلهٔ پروسهٔ انتخاب تثبیت شدند.

از این‌رو هماهنگ با تکامل شبکهٔ متابلیک، سیستم‌تکامل یابنده، پیچیدگی و کارآیی هر دو جنبهٔ ترکیب شیمیایی و سازمانبندی فضایی رشته واکنشهای متابلیک، پیوسته افزایش می‌یافت. هردوی اینها رشته واکنشهای‌متابلیک منظمتری راپدید آوردند، که درعین حال، تثبیت واقعی و اصلاح این نظم را معین کرد.

سرعت واکنشهای داخلی قطره‌های کوچک‌کوآسرواتی که ابتدا درهیدروسفر تشکیل شدند، نخست می‌توانست فقط به‌فعالیت کاتالیزری‌آن عده از نمکهای معدنی‌آهن، مس، کلسیم و غیره که درملأ پیرامونشان انتشاری‌وسیع داشتند و نیز به‌بنیانهای آلی گوناگون درون قطرهٔ کوچك وابسته باشد. این‌گونه نمکها و بنیانها، فعالیت‌کاتالیزری نسبتاً ضعیفی‌دارند ومهمتراینکه‌فعالیت مزبور هنوز غیراختصاصی است. هماهنگی واکنشهای مجزا در سیستمهای کوآسروات اصلی چون‌برپایهٔ چنین فعالیتهایی مبتنی بوده است، نمی‌توانست تأثیر بسیارداشته باشد.

اما همان طورکه اکنون می‌دانیم، قدرت وویژگی‌فعالیت کاتالیزری‌می‌تواند براثر حضورترکیبات‌خاصی‌ازموادیاگروههای اتمها به‌میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد. مثلا اگر یك اتم آهن باپورفیرین[1] که جزئی‌ازساختمان رنگدانه قرمزخون است

---

۱. porphyrin پورفیرین نام یك دسته ازترکیبات آلی رنگی وبسیار مهم است‌که مادهٔ رنگی خون به‌نام هیم Heme وکلرفیلها Chlorophyls ازآن جمله‌اند. چنانکه می‌دانیم هیم‌جزء ترکیبی مهم هموگلوبین است ودرفرمول‌آن‌آهن وجود دارد ودر رسانیدن

بقیهٔ پاورقی درصفحهٔ بعد

ترکیب شود، فعالیت کاتالیزری ترکیب مزبور هزار برابر بیشتر ازتأثیر تنهای آهن معدنی می‌شود. تنها فعالیت کاتالیزری نیست که زیاد می‌شود، بلکه ویژگی چنین کاتالیزری نیز افزایش قابل ملاحظه‌ای می‌یابد.

در قطره‌های کوچك کوآسرواتی که با ملأ پیرامون شان تأثیر متقابل دارند، ترکیبهای زیادی ازمواد ممکن است حاصل شود که ازلحاظ قدرت کاتالیزری و ویژگی، بعضی ازآنها موفق و بقیه بی‌نتیجه می‌شوند. امـا فقط دستهٔ اول است که به وسیلهٔ انتخاب تثبیت و ابقا می‌شود، چون قطره‌های کوچك دارندهٔ آنها ازحیث اصلاح بیشتر شبکهٔ متابلیك خود امتیاز قابل ملاحظه‌ای کسب می‌کنند.

در آنزیمهای کنونی که به‌مثابهٔ مراکز بس‌سازمند فعالیت کاتالیزری درملکولهای پرتئینی جلوه می‌کنند، تکامل تدریجی به‌سطح بسیار عـالی کارآیـی رسیده است. این ارتباط دقیق و مؤثرمیان ساختمان ملکولی یك آنزیم وعمل بیولوژیك آن، طبعاً نمی‌توانست براثر «تصادف» پدیدآید. این‌امر به‌جریان منظم و سمت یافتهٔ تکامل که به‌وسیلهٔ انتخاب تعیین‌می‌شد، احتیاج داشت. انتخابی که همهٔ ترکیبات بی‌نتیجه را ازمیان می‌برد وفقط آن عده‌ازسیستمهای کوآسروات را برای تکامل بعدی نگه‌می‌داشت که دستگاه کاتالیزری درآنها وظیفهٔ بیولوژیکی خودرا به‌معقولانه‌ترین صورتی انجام می‌داد.

اما آنزیمها فقط ساده‌ترین شکل ابتدایی سازمان پرتو-

بقیهٔ پاورقی ازصفحهٔ قبل

اکسیژن به سلولها و تنفس اکسیداتیو حایز اهمیت فیزیولوژیك ویژه‌ای است. اما کلرفیلهای رنگدانه‌های سبز گیاهان‌سبزند که فرمول ملکولی‌آنها دارای منیزیم است ودر فتوسنتز نقش مهمی دارند ـم.

توپلاسم ، یعنی بخشهای فعال وجداگانهٔ آن را نشان می‌دهند . واکنش آنزیمی منفرد به‌تنهایی نمی‌تواند برای یك پروسهٔحیاتی منشأ اثرباشد . اهمیت بیولوژیك آن فقط هنگامی ظاهرمی‌شود که به‌عنوان حلقهٔ اتصالی لازمی در شبکهٔ متابلیك قرار گیرد . ازاین‌رو انتخاب نه‌فقط به‌سوی تکمیل یك یا چند انزیم هدایت شد ، بلکه به‌سازمانبندی منطقی خود کاتالیزرها و دیگر عوامل منظم‌کنندهٔ متابلیسم نیزرهنمون گردید . براین اساس، علاوه بر پرتئینها مواد دیگردارای ساختمان دقیقاً‌معین ، ازقبیل‌اسیدهای نوکلئیك نیز به‌وجودآمد .

گروه‌بندی‌همهٔاین موادبه‌تشکیل ساختمانهای‌پرتوپلاسمی منجر گردیدکه مجموعه‌هایی باساختمان منظم واعمالی انرژتیك و سنتزی و تعیینی‌اند ۱ . به‌دلایل بالا ، فعالیتهای هماهنگ و همنواخت ساختمانهای‌پرتوپلاسمی ، درشرایط معین ملأ خارج، پیوسته به‌سمت صیانت‌ذات وخودبازسازی تمام سیستم زنده‌هدایت می‌شد .

بدین سان ، اکنون دیگر مسیر تکامل را ، به‌ساده‌ترین صورت‌کلییش ، می‌توانیم تصور کنیم که از سیستمهای اصلی به‌ـ ابتدایی‌ترین‌موجودات کشیده شده‌است.این‌خط‌سیر،راه‌اصلاحاتی مترقی رادرشبکهٔ واکنشهای داخل سیستمهای کلوئیدی که‌بامحیط خارجشان تأثیرمتقابل داشتند، دنبال نمود. براثر تغییر پیوستهٔ این سیستمها در چهارچوب ثبات دینامیکشان ، و به‌واسطهٔ عمل مستمر انتخاب ، تنها کارآمدترین سیستمها باقی ماندند . این

---

۱. رشته اعمال و تغییراتی که موجب می‌شوند هربخش ارگانیسم برطبق موقعیت مربوطه و مرکز سازمانیش رشد و تکامل یابد ، پروسه‌های تعیینی می‌نامند . این پروسه‌ها ، ریخت ، ساختمان ، سازمان و کارمناطق عضوی‌مختلف ارگانیسم را معین می‌کنندواین عمل‌را دربیولوژی تعیین (Determination) می‌گویند ـم.

سیستمها به‌قرار زیرین تجدید سازمان یافتند : در وهلهٔ اول کاتالیزرهای منفرد اصلاح شده نیروی فعالیت و ویژگی بیشتری کسب نمودند . به‌موازات این امر ، یك هماهنگی موقت دراین فعالیتها وتمام رشته‌ها وسیکلهای واکنشهای آنزیمی شروع شد و پایه‌ای برای بخشهای مختلف متابلیسم گردید . اصلاح بعدی سازمان فضایی وموضعی شدن رشته‌های اعمال نیز عملی گردید و وابستگی انرژتیك وساختمانی بخشهای متابلیسم به‌یکدیگر صورت منطقی به‌خودگرفت وتا حدود معینی بقا و خود بازسازی سیستم زنده را تأمین نمود .

انتخاب‌طبیعی ، ازدیرباز، همهٔ اشکال‌واسطه‌ای‌سازمانبندی را که در فاصلهٔ تکوین کوآسرواتهای اصلی ، وابتداییترین موجودات زنده صورت گرفت ازپهنهٔ زمین‌جاروکرد. ازاین‌رو، ما هیچ امکانی برای بررسی آنها در شرایط طبیعی نداریم . اما تصویر ما ازتکامل‌تدریجی منظم در راهی‌که منجر به‌منشأ حیات شده است ، فرضی صرف نیست . این تصویر بر پایهٔ مطالعهٔ مکانیسمهای شیمیایی‌که تاکنون دراجسام زنده وقطعات جدا شده ازآنها کشف شده‌اند ، ونیز برپایهٔ ساختمان سیستمهای مصنوعی ازقبیل قطره‌های کوچك، کوآسروات مرکب محتوی پرتئینهای آنزیمی و دیگرکاتالیزرهای ساده و بغرنج ، مبتنی است . اما اینجا بررسی مقایسه‌ای متابلیسم ارگانیسمهای معاصر درمراحل تکامل تدریجی ، بسیار بیشتر به‌ما کمك می‌کند .

درست همان طور که کالبدشناس به‌بررسی مقایسه‌ای از تك تك اندامهای جانوران مختلف می‌پردازد وبدین‌سان نمودار تکامل‌آنها را می‌تواند ترسیم نماید ، بیوشیمیست هم می‌تواند متابلیسم موجودات‌گوناگون را مورد بررسی مقایسه‌ای قراردهد و از این راه به‌خود سرچشمهٔ حیات نزدیك شود و ابتداییترین

اشکال سازمانبندی آن را دریابد.

فقط از راه چنین برداشت تکاملی است که امکان می‌یابیم، نه‌فقط بفهمیم که در بدن موجودات زنده **چه** رخ می‌دهد و **چرا** رخ می‌دهد، بلکه همچنین خواهیم توانست بـه هفت میلیون **چرایی** پاسخ بدهیم که برای شناخت واقعی جوهر حیات در برابر ما قرار می‌گیرند.

۳ نخستین دوران تکامل حیات

Dich im Unendlichen zu finden, Musst
unterscheiden und dann verbinden.[1]
گوته

تاریخ زمین

با تحلیل ایزوتوپی سرب ودیگر بررسیهای راجع به‌مواد رادیواکتیو، عمر زمین به‌عنوان یك‌سیاره‌درحدود ۵۰۰۰۰۰۰۰۰۰ سال تعیین شده است . این بدان معنی است که اگر قرار می‌شد که تاریخ زمین در ده‌جلدپانصد صفحه‌ای ضبط شود، هرصفحهٔ آن یك دورهٔ یك میلیون ساله را می‌گرفت . مار Marr زمین شناس انگلیسی گفته است که ما فقط می‌توانیم دهمین، یعنی آخرین‌جلد را مورد مطالعه مسلسل قراردهیم . بقایای سنگواره‌ای جانوران وگیاهان که از دورهٔ کامبرین باقی مانده‌اند ، به‌ما امکان می‌دهند که ایده روشنی از رشته اعمال برگشت ناپذیر تکامل جهان آلی ۵۰۰۰۰۰۰۰۰ سال گذشته را داشته باشیم. توالی‌مراحل‌مهم درراه طولانی تکامل حیات با چنان دقتی در دفاتر دیرینشناسی این دوره تصویر شده است که تمام رشته اعمال مزبور می‌توانـد

---

۱ . برای آنکه خودرادرلایتناهی دریابی باید ازتفرقه‌به‌پیوستگی برسی.

به‌مثابهٔ کرنومتر باارزشی به‌کار آید؛ کرنومتری که زمین شناسان به‌کمك آن زمان منشأ مواد رسوبی مورد مطالعهٔ خود را تعیین می‌کنند .

هنگامی‌که برگهای این کتاب را برگ بـه برگ ورق می‌زنیم و دربارهٔ حوادث مهمی‌که داستان تکامل دنیـای آلی را در طول ۵۰۰ میلیون سال اخیر تشکیل می‌دهـد مطالعهٔ زمانی بـه عمل می‌آوریم ، فوراً بـه‌افزایش مداوم سرعت این تکامل پی می‌بریم :

این تکامل ابتدا نسبتاً به‌کندی صورت می‌گرفت؛ به‌طوری که مثلا تقریباً نصف دورهٔ مورد بحث لازم بود تا آنکـه گیاهان بتوانند به‌گیاهان‌کاملا بری تبدیل شوند. ولی دو زیستان ساحل دریاها و مردابها به‌بیرون، به‌سوی خشکی می‌خزیدند؛ درحالی که هنوز وابستگی‌کامل خویش را به‌آب حفظ‌کرده بودند. زیرا آب برای تخم‌ریزی آنها ومرطوب بودن مداوم پوست‌بدنشان که به‌سادگی خشك می‌شد، ضرور بود .

تکامل بعـدی جانوران خشکی به میزان قابل ملاحظه‌ای سریعتر صورت گرفت. اما، یك صد میلیون سال دیگرطول کشید تا خزندگان غالب شدند و اینها تنها در ۶۰ تـا ۷۰ میلیون سال پیش بود که به‌اوج تکامل خود رسیدند . فقط نصف این مـدت ، یعنی ۳۵میلیون سال گذشت تاآنکه سلطهٔ پیشین خزندگان جای خود را به‌سلطهٔ پرندگان وپستانداران درنده داد واین‌جانوران مشخصات‌ساختمانی امروزخودرا فقط درحدود پنج تاهفت‌میلیون سال پیش‌کسب نمودند . تمام تاریخ انسان به‌همان‌آخرین صفحهٔ کتابمان محدود می‌شود .

سرعت متزاید تکامل حیات در دورهٔ مزبور موجب تنوع شگفت‌انگیز گیاهان وجانوران عالی‌تکامل‌یافتهٔ دنیای‌پیرامونمان

شده است. اما، البته، آغاز حیات با سرآغاز دهمین جلد منطبق نبود. برعکس، حتی درهمان اولین‌صفحه‌های آن باجلبکهای‌چند یاخته‌ای وجانوران بی‌مهره متعددی ازقبیل مدوزها Medusae، کرمها، خارپوستان، نرمتنان وتریلوبیتها Trilobites برخورد می کنیم وتنهاموجوداتی‌که جایشان خالی‌بود، مهره‌داران‌بودند. اماگیاهان وجانوران مذکور، به‌طورنسبی، موجوداتزندهٔ‌بسیار عالی سازمان یافته‌ای هستند که فقط درنتیجهٔ تکامل بسیارطولانی قبلی حیات در روی زمین می‌توانستند پدیدآیند.

حتی نسبتاً دراین اواخر به‌این اعتقاد رسیده‌اند که ضبط آثار دیرینشناسی در دورهٔ کامبرین ناگهان قطع گردید و بقایای جانورانی‌که دربیش از ۵۰۰ میلیون سال پیش روی زمین به سرمی‌بردند، حفظ نشده است. زیرا صورتبندیهای‌سنگی‌ای کـه با ترکیب آنهـا درآمیخته بـود چنـان متحمل تغییر ودگرگونی (Metomorphosis) عمیقی شدند که‌همهٔ ساختمانهای زیست‌خاستهٔ‌آنها نابودگردید. بااین‌حال، اخیراً ثابت شده است که بسیاری ازنقاط روی‌کره زمین، مخصوصاً درپلاتفرمهایی[1] از قبیل روسیه، سیبری‌وچین، درزیرطبقات محتوی فسیلهای بسیار قدیمی‌کامبرین و کاملا چسبیده بدانهـا، طبقاتی وجود داردکـه تغییرات بسیارجزئی یافته و دربعضی جاها فوق‌العاده ضخیم‌است. گرچه بررسی این صورتبندیها نسبتاً به‌تازگی آغازشده با این حال اکنون کشف بسیاری از فسیلهای مربوط بـه‌دوران ماقبل کامبرین امکان‌پذیر شده است. این درست است که هیچ گونـه سنگوارهٔ حیوانی درآن طبقات وجود ندارد، اما ازسلسلهٔ گیاهی

---

۱. Platform. حد مجاورت بین قدیمترین طبقات زمین‌شناسی با طبقات رسوبی جدیرتر را پلاتفرم یـا «ایوان» می‌نـامند. پلاتفرمهای مشهور عبارتند از پلاتفرمهای کانادا، اسکاندیناوی، روسیه، سیبری و چین - م.

جا مانده در سنگهای مزبور، آثار قطعات و توده‌هایی از انواع مختلف جلبکهای تك‌یاخته و رشته‌ای، بخصوص جلبکهای سبز و آبی وهاگهای بعضی‌ازگیاهان ابتدایی یافته می‌شود . از این‌رو یك‌دوران حیات مربوط به‌زمان پیش از دوران‌کامبرین دربرابر چشمان ما قرارمی‌گیردکه اخیراً به‌نام دوران ریفی Riffianera نامیده شده است .

شواهد بسیاری‌است‌که نشان می‌دهد طول این‌عهدبه‌اندازهٔ مجموع اعصارپالئوزوئیك Paleozoic ، مزوزوئیك Mesozoic و سنوزئیك Cainozoic بوده است . دوران ریفی بیش از یك هزار میلیون سال پیش شروع شد و مدتی بسیار دراز ، یعنی درازتــر ازمدتی‌که ازدوران پالئوزوئیك تاکنون گذشته‌است، طول کشید .

بدین‌ترتیب دوران ریفی تمام جلد نهم تاریخ تکامل‌زمین را شامل می‌شود وشاید علاوه براین، قسمتی ازجلد هشتم را نیز دربر گیرد . متأسفانه بسیاری از صفحه‌های این‌کتاب بــه مرور زمان به‌میزان قابل‌ملاحظه‌ای‌آسیب دیده‌اند وبسیاری ازآنهاکاملا ازمیان رفته‌اند، و ترتیب بقیه نیز درهم وبرهم شده است . بعضی ازاشخاص بدین نتیجه رسیده‌اندکه در بسیاری ازموارد، طبقـات سنگهای ریفی محتوی قطعات‌گیاهی وهاگهایی‌هستندکه منشأشان به‌مراتب متأخرتر ازآن‌است‌که شواهد زمین‌شناسی نشان‌می‌دهد. مثلا ، حتی در صورتبندیهای اعصار پروتروزوئیك Proterozoic که بسیارقدیمتر از دوران سنگهای ژیفی‌اند ، هاگهایی یافته‌اند که مشخص‌گیاهان با تکامل عالی دورهٔ کربنیفرندکه تنهامربوط به۲۵۰ میلیون سال پیش بود. روشن است‌که این‌هاگها بایستی به‌نحوی از انحا از طبقات بالاتر نقل مکان یافته باشند و به‌هیچ وجه نشان دهندهٔ زندگی عصر پروتروزوئیك نیستند . بنابراین باید بویژه مراقب بود واین حقیقت را درنظر گرفت‌که درطبقات

ریفی یافته‌های تصادفی و غیرسیستماتیکی ازقطعات منفرد گیاهان یافته می‌شود و عمر این یافته‌ها غالباً با عمر سنگهای حاملشان تطبیق نمی‌کند .

با وجود این، اکنون ویژگیهای تکامل حیات درطی‌عهد ریفی را به‌صورت کلی وتقریبی هم‌شده باشد، شرح می‌توانیم داد. ما دراینجا آن تنوع برجستهٔ شکلی راکه خصیصهٔ زمان خودمان است و تنها درعصر دیرتری می‌توانست پدیـد آید ، نمی‌یابیم . تکامل تدریجی‌حیات در دوران ریفی نسبت به‌بعداز دورهٔ کامبرین جریان کندتری داشت . تکامل تدریجی در دوران ریفی به‌طور عمــده بــه سوی تکمیل سازمان درون سلولی (Intracellular Organisation) و تکامل کیفیت پــرسلولی(Multicellularity) رهنمون شد .

تکامل حیات تا تشکیل یاخته

اما حتی درآغاز دوران ریفی‌نیز گیاهانی وجود داشتندکه گرچه‌بسیارابتدایی‌بودند ولی‌قدرت فتوسنتز را داشتند. همان‌طور که اکنون می‌دانیم ، فتوسنتز مستلزم وجود دستگاهی داخلی بــا افتراقی[۱] بسیارعالی‌است‌که فقط مدتی دراز پس‌ازپیداشدن حیات وتنها درنتیجهٔ تکامل‌طولانی موجودات زندهٔ نخستین می‌توانست تشکیل شود . بدین‌ترتیب ما درکوشش خود برای‌کشف آغــاز حیات به‌کاویدن دوران بازهم قدیمتر عمرسیاره‌مان، یعنی اعصار

---

۱. Differentiation . تغییرات و اصلاحاتی را که ساختمان ارگانیسم براساس آن تقسیم‌کار می‌یابد ، افتراق می‌نامند . براثر افتراق ساختمان‌هربخش ارگانیسم به‌علت مطابقت باوظیفهٔ عضوی خود ازبخشهای دیگر متمایز می‌شود ونسبت به‌ساختمان آنهافرق پیدا می‌کند ــ م .

پروتروزوئیك ناگزیر خواهیم شد . ولی درسنگهای متعلق به‌این اعصار، فقط یافته‌هایی منفرد و تصادفی ازبقایای ساختمانی حیات داریم ووجود وماهیت حیات‌رافقط می‌توانیم ازشواهدغیرمستقیمی مانند اطلاعات ژئوشیمی و بویژه از ذخایر آهن اکسید شده ، و ذخایر بسیارقدیمی‌سنگ‌آهك و نیز گرافیت وزغال‌سنگهای‌دوران پیش ازکامبرین استنباط‌کنیم. مثلا الزام‌آور نبود که‌آهن اکسید شده درنتیجه تشکیل اکسیژن به‌وسیلهٔ فتوسنتز پدیدآید؛ برعکس ممکن بود توسط اکسیداسیون کامل نمکهای فرو محلول درآب دریا به‌وسیله‌اکسیژنی‌پدیدآید که به‌طریق بی‌زیست‌خاست و براثر تجزیه فتوشیمیایی آب درطبقات سطحی آتمسفر تولید می‌شد. طبعاً این تجزیه کم‌کم صورت می‌گرفت ، اما باوجود این می‌توانست مدت زمان بسیار درازی ادامه یابد .

همین طور هم در موارد بسیار معدود است که از انتشار ایزوتوپهای کربن می‌توان‌استفاده کرد تابرما معلوم‌شود که‌سنگ رسوبی ازمنشأ ابتدایی بی‌زیست خاسته است یا اینکه ثانوی (از منشأ حیاتی ـ م .) است . باوجود این، هیچ روشی وجودندارد که بتواند به‌این سؤال جوابی بدهد که یك سنگ رسوبی‌معین‌آیا از «آبگوشت ابتدایی» ناشی شده یا از قطره‌های کوآسروات یا اینکه از موجودات زنده منشأ گرفته است ؛ یعنی معلوم شود که مواد مزبور پیش یا پس از پیدا شدن حیات به‌وجود آمده است .

بدین ترتیب، ما هنوز دلیل‌مستقیم ومستندی نداریم که ما را قادر به‌تعیین‌زمان کم و بیش مشخصی برای منشأ حیات نماید. اما حقیقتی که قبلا چندبار ازآن‌یاد کردیم و گفتیم که حیات‌هرچه پیشرفته‌تر باشد تکاملش سریعتر وبازهم سریعتر می گردد یا گفتیم که ابتداییترین مراحل‌تکامل‌آن‌درمقایسه بامراحل بعدی‌بایستی

مستلزم دوره‌های زمانی به‌مراتب درازتری بوده باشد، اینك مارا دراین فرض‌محق می‌سازد که بگوییم طول نخستین دوران تکامل حیات ازطول تمام‌دوره‌های بعدی نه‌تنها کمتر نبوده، بلکه‌احتمالا بیشترهم بوده است .

ازآنچه گفته شد می‌توانیم (هرچندکه البته به‌طور بسیار آزمایشی) سرفصلهای زیررا برای‌تاریخ تکامل‌زمین‌معین‌نماییم. قسمت بیشترصفحات‌آن (در حدود شش جلد) مربوط به‌دوران بی‌حیات عمرسیارهٔ ما می‌شود . در جریان این مدت پروسه‌های پرشماری روی دادکه در فصل پیش شرح داده شد . این پروسه‌ها درکلاف درهمی به‌هم پیچیده‌شده بودند وسازمانبندی بسیارضعیفی داشتند ، ازاین رو فقط به آهستگی می‌توانستند تکامل یابند . ولی با این حال موجب شدندکه مواد آلی به‌تدریج پیچیده‌تر گردند و پلیمر شوند و قطره‌های کوچك کوآسروات صورت پذیرند وسرانجام به‌صورت موجودات زندهٔ نخستین تطوریابند. فقط چهار جلدآخر است که به‌تمام جریان تکامل حیات مربوط می‌شود . درطی قسمت‌اعظم مدتی که شامل جلدهای اخیر می‌شود (احتمالا یك نیمهٔ کامل‌آن) حیات در وجود موجوداتی در روی زمین متظاهر شد که ساختمان درونیشان در مقایسه با ساختمان ارگانیسمهای کنونی سازمان پستتری داشت. بین ارگانیسمهایی که ابتدا از قطره‌های کوچك کوآسروات پدید آمدند ، و ارگانیسمهای‌ابتداییترین موجودات دوران ریفی، یك‌راه‌طولانی اصلاح تدریجی‌پروسه‌های متابلیك‌وساختمانهای‌پروتوپلاسمی‌قرار داشت. راهی بامراحل بسیار و نشان‌دهندهٔ‌تکامل پی‌درپی کیفیتهای نوی‌که امروزه پایهٔ سازمانبندی مادهٔ زنده را تشکیل می‌دهند . درآن مدت‌که بایستی اقلا یك هزارمیلیون سال طول‌کشیده باشد چه بسا مکانیسمهای شیمیایی بسیار متنوع و چه بسا ترکیبات

واکنشهای متابلیك بین رشته‌ها وسیکلهای آنها بود که بایستی روی داده باشد؛ وچه بسا ترکیبات و مکانیسمها بودند که می‌بایستی به‌وسیلهٔ انتخاب طبیعی حذف شده وازمیان رفته باشند. واین امر هم بدین علت نبوده است که ترکیبات و مکانیسمهای مزبور از قوانین فیزیك وشیمی تخطی کرده بودند، بلکه بدین سبب بود که به‌قدرکافی «متضمن مقصود» نبودند . زیرا کمتر از ترکیبات و مکانیسمهای مشابهشان بااجرای اعمال حیاتی مورد نیاز موجود زنده درشرایط معین بقایش سازگاری داشتند .

هرگاه به‌تمام عظمت این تکامل تدریجی کاملا پی ببریم درمی‌یابیم که تلاشهای نومیدانه‌ای که حتی همین اواخر به‌عمل آمد تاتکون خودبه‌خود حیات‌را به‌طریق مصنوعی درآبگوشتهای فاسد وخیسانده‌های‌موادآلی ازنوایجاد کنند، چقدرمضحك‌وساده لوحانه است. راهی که‌طبیعت ازنخستین موجودات تا باکتریهای ابتدایی یاجلبکها دنبال نمود ، محققاً ازمسیر تکاملی‌آمیب تا انسان‌نه‌کوتاهتربود ونه ساده‌تر. اما اکنون طبعاً هیچ‌کس این را وظیفهٔ خود نمی‌داندکه ازتوده‌های موجودات تك یاخته، یك انسان بسازد . اکنون‌که از سنتزحیات سخن به میان‌آمده است شاید لازم باشدکه نه دربارهٔ ساختمان سلولهایی نظیر سلولهای امروزی‌که قدرت تنفس وفتوسنتز دارند ومعمولا مورد بررسی‌ما واقع می‌شوند ، بلکه راجع به‌باز ساخت مصنوعی سیستمهایی بیندیشیم‌که پیچیدگی ساختمانشان کمتر باشد ولی اساسیترین خصوصیات موجودات‌زنده‌را دارا باشند، یعنی‌ازعهدهٔانجام‌اعمال متابلیك، ولوفقط اعمال نسبتاً ابتدایی هم‌شده وموجب‌صیانت‌ذات وخود باز سازی سیستمهای مزبور درشرایط محیطی ملاً پیرامون گردد، برآیند. روشن است‌که مابراساس بررسی‌منشأ حیات و تکامل متعاقب‌آن فقط می‌توانیم باصور ممکن چنین سیستمهایی

مواجه گردیم. به‌این‌دلیل‌همان‌نخستین دوران تکامل‌حیات‌برای شناخت طبیعت اصلی آن حائزاهمیت ویژه‌ای است. زیرا درست درآن زمان بودکه خواص‌اساسی مشترک بین همهٔ موجودات‌زنده تثبیت می‌شدند.

اما بررسی این دوره از تاریخ تکامل تدریجی حیات را براساس‌چه شواهدی بایدمبتنی‌کنیم؟ البته همان‌طورکه‌قبلانشان دادیم، هیچ سنگواره‌ای یافته نمی‌شودکه بتوان بی‌گفتگوآن را مربوط به‌زمان مزبور دانست وحتی اگر چنین سنگواره‌ای پیدا شود، چندان معلوماتی به‌مانخواهد داد. زیرا آغازتکامل‌تدریجی حیات ضرورتاً به‌اصلاح متابلیسم‌اجسام‌زنده وکوچکترین‌اجزای ساختمانی درون‌آنها بیشترمربوط‌بود تا به‌تغییرات شکل‌خارجی موجودات ابتدایی.

ما تاکنون بحث خود را براساس اعتقاد به ثبات مطلق و تغییر ناپذیری قوانین فیزیك و شیمی مبتنی‌کرده، قدیمیترین دوره‌های تکامل ماده راکه به‌پیش‌ازمنشأ حیات مربوط می‌شود، مورد بحث قرارداده‌ایم. هنگامی‌که متان، آمونیاك، هیدروژن‌و آب درشرایط خاصی درآزمایشگاههای ما برای ساختن‌اسیدهای امینه وارد فعل وانفعالهای شیمیایی می‌گردند، به‌این امراعتقاد پیدا می‌کنیم‌که اگر درآن زمان شرایط متداول دراتمسفرسیارهٔ ما به‌شرایطی شباهت داشته‌که اکنون به‌طور مصنوعی می‌سازیم. بایستی چنین ترکیباتی هم هزاران میلیون سال پیش، قبل‌ازپیدا شدن حیات در روی زمین پدید آمده باشد. اما همین‌که حیات به‌وجودآمد، دیگرقوانین فیزیك و شیمی به‌تنهایی برای تعیین مسیرتکامل تدریجی‌بعدی ماده‌کافی نبود. شناخت این مسیراکنون فقط برپایهٔ قوانین‌جدید زیست‌شناسی که همزمان‌باپیداشدن‌حیات پدیدآمدند، امکان پذیراست.

هر حلقهٔ لازم در زنجیر واکنشهای متابلیك می‌تواند ، از نظرگاه شیمی‌صرف، به‌وسیلهٔ تعداد زیادی از پروسه‌های شیمیایی مربوط به‌یکدیگر فراهم گردد که هیچ کدامشان به‌هیچ وجه از قوانین فیزیك وشیمی تخطی نمی کند . با وجود این، درجریان تکامل حیات ، انتخاب طبیعی فقط معدودی از ترکیبات خاص واکنشها را ازمیان این‌همه امکانهای شیمیایی متعدد برای‌تکامل بعدی حفظ کرده است . ما نمی‌توانیم همیشه دریابیم که چرا این امر درمورد یك ترکیب یامکانیسم شیمیایی‌خاص روی داده‌است. زیرا شیوهٔ برداشت شیمیایی‌صرف همیشه نشان می‌دهد که‌ترکیبات دیگرمتساویاً معتبر بوده‌اند. چنین‌قضیه‌ای‌را یك‌ضرورت‌تاریخی، یعنی سازش (Adoptation) بیولوژیـك مخصوصی به روشنی حل می کند . با این حال ، این مهم است که استفاده بعـدی از این مجموعه‌ها ومکانیسمهای‌ویژه وبه‌طور بیولوژیك منتخب، به‌عوض چیزهای دیگری که ازلحاظ شیمیایی ممکن بودند، همان‌قدر در تکامل بعدی دنیای زنده اجباری شد که ثبات واکنشهای‌شیمیایی یا اعمال فیزیکی در جهان غیرآلی بود .

ما اکنون می‌توانیم در رشته واکنشهای متابلیك خاص ، سلسله‌واکنشهایی بیابیم که درهمهٔ‌موجودات، بدون استثنا،مشترك می‌نمایند. ازاین امراین نتیجه‌گرفته می‌شود که‌آن‌ترکیباتی که درنتیجهٔ عمل انتخاب طبیعی پدیدآمدند، به‌علت‌آنکه ازمیان‌عدهٔ بسیارهنگفت ترکیبات ممکن‌شیمیایی دیگرانتخاب شده‌اند، قبلا در زمانی وجودداشتند که «درخت‌حیات» هنورشاخه‌های مستقل و متعدد خودرا نساخته بود. ازاین‌رو اکنون این‌رشته‌های‌متابلیك را همان ترکیبهای رویدادهای شیمیایی عملی می‌سازند که صدها میلیون سال پیش موجب تحقق آنها می‌شدند .

همان‌طورکه بعداً خواهیم دید، این‌ثبات‌سازمان‌بیولوژیك

با عدم تغییر سکونی «مکانیسم ساعت» یا یک «بلور غیرمنتظم» به‌صورتی که‌شرودینگر توصیف می‌نماید، هیچ‌وجه مشترکی ندارد. پایهٔ دینامیك این‌ثبات و ارتباط آن باخصلت جریان‌یابندهٔ‌سازمان موجودات زنده‌کاملا بدیهی‌است. امااینجا باید بویژه‌این‌واقعیت را تأکید کنیم که این ثبات نمی‌تواند تنها به‌وسیلهٔ قوانین‌عمومی سینتیك وشیمی یا ترمودینامیك تعیین شود . این ثبات، مبین یك شکل سازمانبندی‌است که فقط به‌طور تاریخی و درجریان تکامل مادهٔ زنده می‌توانست صورت پذیرد .

بدین ترتیب خصیصهٔ اجسام زنده‌ای که مورد توجـه قرار دادیم خصلت یك قانون ویژهٔ بیولوژیك را به خود می‌گیرد . شناخت این‌قانون به‌ماامکان می‌دهد که‌ازتحلیل بیوشیمی‌مقایسه‌ای متابلیسم موجودات‌کنونی که پیوسته مفصلتر می‌شود ، به مثابـهٔ اساس تعقیب راههای تکاملی صدها میلیون سالـهٔ دنیای زنـده استفاده کنیم . یعنی درست همان‌کاری راانجام دهیم که در کوشش خود برای شناخت پروسه‌هـای تکامل مواد آلی پیش از پیـدا شـدن حیات ، قوانین عمومی فیـزیك و شیمی را مورد استفاده قرار می‌دهیم.

البته ، شکی نیست که مجموعهٔ خاص واکنشهای شیمیایی سازندهٔ قدیمیترین شکل متابلیسم که درسرچشمه‌های واقعی‌حیات پدیدآمد، پی‌درپی‌تکمیل‌واصلاح می‌شد ودرجریان تکامل‌بعدیش، بخصوص همراه با تغییرات شرایط خارجی که ارگانیسم با آنها پیوسته تأثیرمتقابل داشت، پیچیده‌تر می‌گشت. این تغییرات در ارگانیسمها که از یکدیگر جداً متمایز شده‌اند ، به‌طرق مختلف صورت‌گرفته است . ازاین‌رو همان‌طورکه تکامل تدریجی‌بسیار متأخرگیاهان و جانوران عالی ازلحاظ ریخت شناسی پرانشعاب است تکامل تدریجی‌متابلیسم درامتداد خط مستقیم منحصر به‌فردی

پیش نرفت. این‌تکامل، خط سیرهای پیچ درپیچی را دنبال‌کرد که غالباً درهم شد وشاخه شاخه گشت تا اینکه از اقسام مختلف متابلیسم، «درخت» پرشاخ و برگی به‌وجود آمـد . بسیاری از شاخه‌های این «درخت» مدتهای مدیدی‌است که خشکیده وازمیان رفته است وهیچ اثری‌ازخود به‌جای نگذاشته است؛ درصورتی‌که دیگر شاخه‌های آن به‌زمان خودمان رسیده است وحلقه اتصالی میان‌آنها نیز که زمانی وجود داشت، اکنون عملامفقود شده است وفقط باتجزیه وتحلیل بسیارعمیقترواقعیتهای موجود می‌توان‌آن را شناخت.

همهٔ اینها تصویر نسبتاً پیچیده و مبهمی از نخستین مرحلهٔ تکامل حیات ترسیم می‌کند . این تصویرهنوزبسیارناقص است . بویژه بدین جهت ناقص است که مردم فقط همین اواخر به‌بررسی شواهد واقعی شروع کردند وهنوز به‌تحقیق نمی‌دانندکه تاکنون چه‌کارهایی در این جهت به‌وسیلهٔ بیوشیمی تکاملی صورت‌گرفته است. باوجود این، همان‌طورکه‌ازیك‌بررسی‌مقایسه‌ای‌پروسه‌های تشکیل بیولوژیك پرتئینها و اسیدهـای نوکلئیك ، مکانیسمهای شیمیایی تخمیر، تنفس، فتوسنتز و شیمیوسنتز و دیگر پدیده‌های حیاتی درموجودات ذره‌بینی‌مختلف ودرگیاهان وجانوران‌عالیتر می‌توانیم ببینیم، رشته‌واکنشهای جدیدی که‌همیشه‌پدیدمی‌آمدند، هیچ‌گاه به‌طورکامل جای اعمال‌متابلیك قدیمتررا نگرفتند؛ بلکه معمولا از آنها استفاده نموده فقط به‌وسیلهٔ واکنشهای نو پدیـد تکمیلشان می‌کردنـد . رشته واکنشهای نوساز را تنها می‌توان به‌مثابهٔ روسازیهای فرعی برمکانیسمهای شیمیایی‌داخلی‌قبلاموجود اجسام زنده تلقی نمود. دربرخی ازبخشهای متابلیسم، درعده‌ای ازموجودات، حتی می‌توانیم دو خط سیرموازی از استحاله‌های شیمیایی بیابیم‌که تازه‌ترینشان به‌میزان وسیعی در متابلیسم بکار

می‌رود؛ درحالی که خط سیر کهنترگویی معمولا به‌مثابهٔذخیره‌ای عمل می‌کند . بااین‌حال این مسیردست نخورده باقی مانده است وازاین‌رو موجودات دارندهٔآن ، در مواقعی که تغییری شدید در شرایط هستی‌شان ایجاد می‌شود،گاهی ممکن است به‌شکل کهنتر متابلیسم بر گردند .

بعضی از رشته واکنشهای متابلیك نسبتاً کم رشد، در واقع درهمهٔ موجودات معاصر همانندند. اما ترکیبهای پیچیده‌تر این رشته واکنشها ممکن‌است متفاوت گردند. بدین‌معنی که گروههای اصلی بیولوژیك تااندازه‌ای بایکدیگر اختلاف داشته باشند ولی همیشه همان شالوده‌های عمومی را حفظ می کنند ، علاوه براین می‌توانیم بعضی‌ازمکانیسمهای شیمیایی‌را مورد ملاحظه قراردهیم که مختص گروههای ویژه و محدودی از موجودات زنده‌اند و به‌وسیلهٔ آنها به‌کاربرده می‌شوند؛ درصورتی که گروههای دیگر آنها را ندارند. این امرما را قادر می‌سازد که راه خویش را دردهلیز پیچ‌درپیچ‌مسیرهای پرانشعاب‌تکامل تدریجی بیوشیمیایی تاحدودی بیابیم و دربعضی از موارد ، حتی زمان یا ترتیب منشأ حلقه‌های اتصالی خاص یاتمام رشته‌ها وسیکلها را درشبکهٔ پیچیده‌وعمومی واکنشهای متابلیك ثابت‌کنیم . اگر مثلا دریابیم که سیستم معینی از واکنشهای بیوشیمی‌مختص گروه کم و بیش‌محدودی‌ازموجودات است و در موجودات زندهٔ دیگروجود ندارد، یا اگر این سیستم فقط یك بخش‌کمکی متابلیسم موجود مورد بحث را تشکیل دهد در حالی که پایهٔ مکانیسم شیمیایی پدیدهٔ حیاتی راکـه‌سیستم واکنشهای مزبور در آن شرکت می کند یك رشته واکنشهای با انتشاروسیعتری تشکیل می‌دهد، وبالاخره اگردربعضی‌ازموارد، هنگامی که سیستم مزبورتحت تأثیر شرایط معینی‌قرارمی گیرد، متوقف شود وسپس متابلیسم بی آنکه الزاماً به‌تلاشی موجودمنجر

گردد خط سیرجدیدی را دنبال کند، دراین صورت حق داریم چنین سیستمی را به‌مثابهٔ سیستم نسبتاً جوانی تلقی نماییم که فقط در مرحلـهٔ متأخری از تاریخ تکامل نوعـی (Phylogenetic Development) پدیدآمده است. ازسوی دیگر، اگر دربررسی مقایسه‌ای‌خود درباره متابلیسم ارگانیسمهای مختلف فقط یك‌رشته واکنشها و مکانیسمهایی پیداکنیم که میان همهٔ موجودات زنده مشترك باشد، آن وقت‌حق‌خواهیم‌داشت‌که این‌سیستمهای واکنشهاو مکانیسمها را فوق‌العاده‌قدیمی بدانیم که درخود ریشه‌های‌سازمان «درخت حیات» قرار گرفته‌اند .

نخستین موجودات زنده هتروترفهای۱ بی‌هوازی‌بودند .

باکوششی که به‌عمل می‌آوریم تا اینکه در جمع گوناگون وپرشمار سیستمهای متابلیسم در ارگانیسمهای مختـلف، آن عـده ازهمانندیها وآن دسته‌ازصورویژهٔ سازمانبندی راکشف نماییم که در موجودات زنده انتشاری وسیع دارنـد و بـدین جهت بسیار قدیمی‌اند، در وهلهٔ اوّل می‌توانیم دواصل اساسی را ثابت‌کنیم .

اولاً،هرچند که‌ازلحاظ تئوری بسیاری از راههای متابلیك قانع کنندهٔ دیگری را می‌توان یافت، ولی بایـد قبول‌کرد که متابلیسم همهٔ‌موجودات زندهٔ‌کنونی مبتنی براساس‌سیستمهایی‌است کـه آن سیستمها برای استفاده از مواد آلی قبلا ساخته شده‌ای به‌عنوان‌مصالح ابتدایی‌ساختمان بیوسنتزومنابع انرژی‌لازم‌حیات تخصیص یافته‌اند .

ثانیاً ، همهٔ ارگانیسمهای کنونی‌برای به‌دست‌آوردن‌انرژی

---

۱. Heterotrophs هتروترف به جانوران و گیاهانی گفته می‌شود که ازمواد آلی‌ساخته وآمادهٔ موجودات دیگر تغذیه‌می کنندو قدرت این‌را ندارندکه منحصراً از مواد معدنی تغذیه نمایند ـ م.

مواد آلی دستگاهی دارند که مبتنی بر اساس تجزیهٔ بی‌هوازی[۱] این مواد است؛ هر چند که اکنون در واقع امر، باوجود اکسیژن آزاد اتمسفر کاملا منطقی می‌نماید که مواد مزبور مستقیماً (به‌طریق هوازی ـ م.) اکسید بشوند.

این بدیهی و مورد قبول عموم است که اکثریت قاطع انواع بیولوژیکی که اکنون در سیارهٔ ما به‌سر می‌برند فقط در صورتی می‌توانند باقی بمانند که پیوسته مواد آلی ساخته آماده بدانها برسد. این امر درمورد همهٔ جانوران، هم جانوران عالی و هم پست، به‌انضمام بسیاری از آغازیان[۲]، و اکثریت بزرگی از باکتریها و همهٔ قارچها صادق است. این واقعیت به‌تنهایی فوق‌العاده وسوسه‌انگیز است. با اشکال می‌توان تصور کرد که همهٔ اینها به‌سادگی و به‌شیوهٔ ساده سازیهای باتسونی[۳]، با از دست دادن کامل قوای اتوترفی[۴] که در گذشته داشته‌اند، تکامل یافته باشند. این عقیده همچنین با نتایج حاصله از مطالعات زیادی راجع به‌سیستمهای متابلیک این موجودات متناقض است. ما جزئی‌ترین اثر یا ردی از آن ترکیبات پیچیده، یا

---

۱. Anaerobic degradation of substances، تبدیل مرحله به‌مرحلهٔ مواد آلی بغرنج و پرانرژی به‌مواد ساده کم انرژی را که به‌شیوهٔ بی‌هوازی صورت می‌گیرد، تجزیه یا تنزل بی‌هوازی مواد می‌گویند ـ م.

۲. Protozoaires یا Protozoon

۳. اشاره به‌ویلیام باتسن William Bateson (۱۹۲۶-۱۸۶۱) زیست‌شناس انگلیسی است که درباره تئوری وراثت مندل Mendel تحقیقاتی دارد واز پیروان سرسخت اوست ـ م.

۴. Autotrophy. کیفیت سنتز مواد آلی غذایی توسط گیاهان و موجودات زندهٔ دیگر از CO_2 و مواد معدنی و بدون استفاده از مواد آلی ساخته آماده را اتوترفی می‌نامند. ارگانیسمهایی را که بدین طریق تغذیه می‌کنند، اتوترف می‌گویند ـ م.

انزیمی ویژه، یا گروههای واکنشهای مورد لزوم اشکال اتوترفی زندگی‌را درموجودات‌مزبورنمی‌یابیم؛ وحال‌آنکه ازسوی‌دیگر، متابلیسم اتوترفهاهمیشه براساس‌همان مکانیسمهای داخلی‌شیمیایی ارگانیسمهای‌دیگر که فقطاز راه مصرف نمودن موادآلی گذران می‌کنند (از راه هتروترفی ـ م .) مبتنی است . مکانیسمهای اتوترفی ویژه صرفاً روبناهای این زیربنایند . همانا این نوع سازمان متابلیسم است‌که به اتوترفها اجازه می‌دهد که تحت شرایط معینی ، کاملا به‌مصرف نمودن مواد آلی ساخته آماده برگردند.

این را در مورد فتواتوترفهای باحداقل سازمانبندی ـ جلبکها ـ می‌توان با وضوح خاصی هم در شرایط طبیعی و هم در آزمایشگاه نشان داد. به‌وسیلهٔ چنین آزمایشهایی‌ازمدتهای مدید پیش نشان داده شده است‌که اگر موادآلی را داخل‌کشت‌سترون شدهٔ جلبکها بنمایند، جلبکها این مواد را مستقیماً باعمل‌همانند سازی جذب خود می‌کنند . درعین حال، این عمل ممکن است به‌صورت فتوسنتزادامه پیداکند . اما فتوسنتز، دربعضی ازموارد ممکن است به‌کلی متوقف شود وجلبك، به‌طریقهٔ زندگی‌کاملا گندەرویی[1] روی‌آورد .

دراین شرایط رویش بسیار فراوانی ازجلبکهای سبزآبی از قبیل نوستك Nostoc ها و دیاتومه Diatom ها ونیزجلبکهای سبزی ازقبیل اسپیروژیرها می‌توان به‌دست‌آورد . انواع‌بسیاری ازجلبکهای سبزآبی وجلبکهای دیگرحتی درشرایط طبیعی، در آبگیرها به‌طور واضح ناگزیرندکه مواد آلی را مستقیماً همانند سازی نمایند. این حقیقت‌که‌آنها درآب راکد و جاهای مشابهٔ

---

۱. Saprophyte ساپروفیت یا گندەرو نام گیاهان وموجوداتی‌است که با استفاده ازاجسام پوسیدهٔ موجودات دیگرتغذیه می‌کنند ـ م.

دیگری که سرشار ازمواد آلی است، مخصوصاً به‌وفور می‌رویند ، نظریهٔ بالارا به‌ذهن می‌آورد .

نه‌تنهادرجلبکها، بلکه‌همچنین در گیاهان‌عالیتر که‌در آنها دستگاه فتوسنتز به‌اوج تکامل خود رسیده است می‌توان یک اساس هتروترفی برای تغذیه پیدا کرد . اما این دستگاه تنها در سلولهای حامل کلرفیل گیاهان عالیتروجود دارد . متابلیسم همهٔ بافتهای دیگری که بی‌رنگند، مانند متابلیسم همهٔ موجودات‌زندهٔ دیگر برپایهٔ استفاده ازمواد آلی مبتنی‌است که دراین موردبه‌وسیلهٔ اعضای فتوسنتز کننده ، برای آنها تهیــه می‌شود . به علاوه ، حتی برگهـا هم هنگامی‌که نور نباشد به این شکل متابلیسم باز می گردند .

از این‌رو متابلیسم همهٔ گیاهان عالی کاملا برمکانیسم‌همانند سازی موادآلی‌مبتنی‌است. اما دربافتهای سبز این مکانیسم بایك روبنای ویژهٔ تکمیلی همراه می‌شود که وظیفهٔ رسانیدن مواد آلی ساخته‌آماده را به‌تمام ارگانیسم دارد . اگر این مواد، به‌نحوی از انحا ازخارج به‌گیاه برسند، آن وقت‌گیاه مزبور همان طور که درشرایط‌طبیعی معمولی، بویژه درجوانه زدن دانه‌ها مشاهده می‌شود، حتی بدون روبنای فتوسنتز کننده می‌تواند باقی بماند . این‌را همچنین درکشت بافتهای گیاهی یادر رویش گیاه کاملا‌بالغ چغندر قند یکساله می‌توان‌درتاریکی مصنوعاً نشان داد. دراین موارد هم یك گیاه‌کامل و هم‌بافتهایی ازآن درشرایط فقدان کامل هرگونه فعالیت دستگاه فتوسنتز کننده از راه همانند سازی مواد آلی برون‌خاسته[1] اعاشه می‌کنند . اما ، اگر انسان حتی یـك

---

1. Exogenous . منظور از مواد آلی برون خاسته ، موادی است که منشأشان خارج از جسم موجود زنده است وموادی که درون جسم زنده ساخته می‌شوند درون خاسته Endogenous نامیده می‌شوند — م .

حلقهٔ اتصالی را در رشتهٔ متابلیسم هتروترفی (مثلا به وسیلهٔ داخل کردن باز دارندهای مخصوص) بگسلد ، همهٔ فعالیتهای حیاتی گیاه متوقف می‌شوند و در نتیجه گیاه مزبور از بین می‌رود .

از این‌رو کاملا روشن است که اعمال حیاتی فتواتوترفها بر بنیاد شکل اصلی وقدیمی متابلیسم که اساس آن استفاده از مواد آلی ساخته‌آماده است پایه گذاری شده است وقدرت فتوسنتز در موجودات مزبور بسیار دیرتر و بمثابهٔ فرع برمکانیسم ابتداییتر متابلیسم هتروترفی پدیدآمد .

این امر درمورد گروه‌کوچکتر اتوترفها، شیمیواتوترفها نیزصادق است؛ هرچند که دراین مورد ممکن است قضایا درنظر اول پیچیده‌تر بنماید . حتی درزمان وینوگرادسکی، کاشف این موجودات ، آنها را نخستین موجودات روی زمین می‌دانستند و عقیده داشتند که ابتداییترین شکل متابلیسم را دارند.

اساس این فکر ازآنجا سرچشمه می‌گیرد که درآن زمان عقیدهٔ شایع این بود که مواد آلی در شرایط طبیعی ، فقط از راه زیست‌خاست به‌وسیلهٔ ارگانیسمها پدید می‌آیند وموجوداتی که ابتدا در روی زمین ظاهرشدند بدین جهت بایستی قادر بوده‌باشند زندگی کنند که بتوانند درمیان‌غذای‌آلی درملاٴ کانی‌خالص‌تغذیه کنند. شیمیواتوترفها عیناً چنین ارگانیسمهایی هستند آنها با به‌کار بردن دی‌اکسید کربن (CO_2) به‌عنوان منبع کربن خویش‌و با به‌دست آوردن انرژی مورد لزومشان به‌وسیلهٔ اکسیداسیون مواد معدنی احیا شده مانند آمونیاك ، هیدروژن سولفوره ، اکسید فرویا هیدروژن ملکولی ، خود می‌توانند مواد آلی را بسازند .

اما اکنون می‌دانیم که موادآلی، درطی تکامل سیارهٔ ما از

راه بزیست‌خاست و مدتها پیش‌از پیداشدن نخستین‌موجودات‌درسطح آن به‌وجودآمدند و بدین جهت لازم نبود که موجودات مزبور ضرورتاً اتوترف باشند. همچنین‌متابلیسم‌شیمیواتوترفهای گوناگون را هرچه عمیقتر بررسی کنیم ، بر ما روشنتر می گردد که این متابلیسم به‌هیچ وجه از متابلیسم موجودات هتروترفی که با شیمیواتوترفها خویشاوندی نزدیك دارند ساده‌تر نیست ، بلکه برعکس پیچیده‌تر ازآن است. بویژه ، اخیراً نشان‌داده‌شده‌است که متابلیسم شیمیواتوترفها نیز مانند همهٔ موجودات زندهٔ دیگر مبتنی براساس سیستم واکنشهای‌تجزیه وترکیب است؛ درصورتی که پروسه‌های اکسیداسیون مواد معدنی فقط مکملهای فرعی‌این سیستم هستند . بنابراین اکثریت قاطع شیمیواتوترفها مانند فتواتوترفهامی‌توانند به‌آسانی به‌همانندسازی موادآلی بازگردند وفقط معدودی ازآنها «جداً» شیمیواتوترفند و به‌دلایلی که هنوز به‌درستی معلوم نشده‌است، نمی‌توانند موادآلی راازمحیط خارج مجزا کنند . با وجود این حتی این‌شیمیواتوترفهای «جدی» از قبیل تیوباسیلوس‌تیواکسیدنس می‌توانند ذخایر داخل سلولی پلی‌ساکاریدها را در جریان متابلیسم خود تجزیه کنند و همان دستگاه‌آنزیمی که درهتروترفها وجوددارد اساس این استحاله‌را تشکیل می‌دهد ونیز همان سلسله واکنشهاکه درهتروترفها هست، درآنها تعقیب می‌شود .

بدین ترتیب، متابلیسم همهٔ اتوترفها مبتنی براساس یك دستگاه بیوشیمیایی‌استحالهٔموادآلی‌است. این‌دستگاه‌ابتداییترین وعمومیترین، وبدین‌جهت پیشینترین دستگاه است؛ درصورتی که دستگاههای فتوسنتز وشیمیوسنتز خودرا به‌عنوان مکمل، بغرنج کننده،وثانوی بدان‌ضمیمه کرده‌اندو بنابراین‌رو بناهای‌متأخرتری می‌باشند .

همین طور هم با تحلیل شیمیایی وسیع پروسه‌هایی که در همهٔ گروههای ارگانیسمهای کنونی، چه‌عالی وچه پست، صورت می‌گیرد، می‌توان نشان داد که طریقهٔ بی‌هوازی متابلیسم انرژی ابتدایی‌است. حقیقت این‌است که بسیاری ازاین‌ارگانیسمهااکنون زندگی هوازی دارند وفقط عدهٔ بسیارمحدودی ازموجودات‌نسبتاً ابتدایی‌امروزی وجود دارندکه‌به‌اکسیژن‌آزاد اصلانیازی‌ندارند ومی‌توانند مدتی‌دراز بدون‌این گاز زندگی کنندکه این وضعیت‌هم کاملا قابل فهم‌است. تنفس پروسه‌ای است که به‌نحوغیرقابل‌قیاسی منطقیتر از متابلیسم بی‌هوازی است . بنابراین وقتی که اکسیژن آزاد دراتمسفرزمین پیدا شد، ارگانیسمها درطی تکامل‌تدریجی خود بایستی‌باطریقه هوازیست(Aeroby)سازش‌بسیار وسیعی‌یافته بوده باشند. با وجود این، متابلیسم انرژی همهٔ موجودات‌زنده، بدون استثنا مبتنی برسلسلهٔ واکنشهایی است که بسیارمتشابهند و متضمن به‌کار بستن اکسیژن آزاد نیستند ؛ ولی همان مجموعهٔ پیچیدهٔ پروسه‌های آنزیمی را شامل می‌شوندکه در بی‌هوازیهای Anaerobes کنونی هم رخ می‌دهند . واکنش اکسیداسیون به‌وسیلهٔاکسیژن‌آزادکه به‌هوازیها اختصاص‌دارد، مگانیسم‌عمومی بی‌هوازی رافقط‌تکمیل‌می‌کند. «روبناهای»اکسیدکننده‌برخلاف مکانیسم بنیادی بی‌هوازی ممکن است در هر ارگانیسم نسبت به‌ارگانیسم دیگر به‌میزان قابل ملاحظه‌ای متفاوت باشد. مثلا آنزیمهای اکسیدکننده‌ای‌که خصیصهٔ‌گیاهان است نه تنها در بی‌هوازیها وجود ندارد، بلکه در جانوران نیز یافته نمی‌شود . زیرا جانوران اگرچه تنفس می‌کنند ولی دارای مکانیسم هوازی مربوط به‌خودشان هستند .

اگر حیات درشرایطی پدید می‌آمد که اتمسفراکسید کننده و محتوی اکسیژن می‌بود ، چنین وضعیتی به‌کلی غیرقابل درك

می گردید. درچنین شرایطی ابتداییترین‌وازاین‌رو، عمومیترین مکانیسمهای متابلیسم انرژی ضرورتاً مکانیسمهایی ازنوع‌مکانیسم هوازی می‌شدند. درصورتی که‌مکانیسمهای«زندگی بی‌اکسیژن»، مثل تخمیرالکلی‌وگلیکولیز۱، مختص بی‌هوازیهایی می‌شد که با فقدان قهقرایی مکانیسمهای اصلی‌تنفسیشان، دریك مرحلهٔدیرتر تکامل تدریجی پدید می‌آمدند.

در واقع ، همان‌طور که دیدیم ، اوضاع کاملا برخلاف این است . تنــه « درخت حیات » مبتنی بر اساس مجموعــه ای از واکنشهای بی‌هوازی است ، و حال آنکه مکانیسمهای تنفسی ، بعداً ، یعنی پس از آنکه تنهٔ درخت پر شاخــه گردید ، بــدان ضمیمه شدند .

نتایج حــاصل از این تحلیل بیوشیمی تکاملی شایــد از متقاعدکننده‌ترین شواهدی باشد کــه نشان می‌دهــد کــه حیات تحت شرایطی‌در روی زمین پدیدآمد که اتمسفر وهیدروسفراحیا کننده بود .

درست به‌همین طریق ، شواهد مربوط به‌اساس هتروترفی

---

۱. Glycolysis گلیکولیز یك‌رشته اعمال مهم‌بیوشیمیایی درمتابلیسم هیدراتهای کربن است وشامل تجزیهٔ مرحله به‌مرحلهٔ گلیکوژن ،گلوکزیاقندهای دیگر ، وتبدیل آنها به‌اسیدهای‌پیرو-ویك ولاکتیك است . هرچند که یك مرحلهٔ گلیکولیز با عمل دهیدروژناسیون Dehydrogenation به‌اکسیداسیون‌احتیاج‌دارد، ولی این‌امرممکن‌است بی‌کمك اکسیژن صورت گیرد وبدین‌ترتیب تمام پروسه گلیکولیز به‌صورت بی‌هوازی صورت گیرد . ثابت شده است که گلیکولیز برگشت پذیراست واسیدلاکتیك ، اسیدپیروویك یا مواد واسطه‌ای حاصل ازآن‌به‌وسیلهٔ یك رشته اعمال‌بیوشیمیایی معکوس اعمال گلیکولیز قابل تبدیل به گلوکز یا گلیکوژن هستند ــ م .

تغذیه که قبلادر بارۀ آن بحث نمودیم، ما را معتقد به‌این می‌سازد که منابع اصلی‌مصالح ساختمانی‌وانرژی برای‌نخستین‌موجودات زنده، موادآلی‌ملاً پیرامون بودند که به‌راه بی‌زیست‌خاست پدید آمده بودند .

اگر جزئیات سازمانبندیِ شیمیایی پدیـده‌های حیاتی را در نمونه‌های عالم جانوری و گیاهی ، و مخصوصاً در موجودات ذره‌بینی گوناگون عمیقتر بررسی کنیم، می‌توانیم طرح کلی تصویر منطقاً قابـل قبولی را از تکاملهای پی درپی متابلیسم و تکمیل ساختمان داخلی اجسام زنده ، یعنی پروسه‌هایی که در سر آغـاز حیات در حدود دو میلیارد سال پیش صورت می‌گرفتند ، ترسیم نماییم .

چنانکه در فصل پیش‌گفته شـد ، بر اثر تکامل تـدریجی مشروح در آن فصل بایستی سیستمهایی پدید آمده باشند که از مواد پرتئین مانند و دیگرمواد آلی باوزن ملکولی زیاد تشکیل یافته بودنـــد . سیستمهای مز بور در «آبگوشت مغذی» بی‌زیست خاسته‌ای غوطه‌ور بودند واز این ملاً خارج به‌وسیلۀ نوعی‌سطح مشترك مجزا گشته بودند، به‌طوری‌که با وجود پروسه‌های‌مداوم تجزیه می‌توانستند قدرت صیانت ذات وخود باز سازی را به‌طور ثابت حفظ نمایند.

برای احتراز از اشتباهاتی‌که تا اندازه‌ای در نوشته‌های علمی عمومیت دارند باید دو واقعیت مهم را تأکید نماییم :

اولا، سلسله‌واکنشهای سنتزی بی‌زیست‌خاسته‌ای‌که‌درملاً خارج یا«آبگوشت مغذی ابتدایی» صورت می گرفتند غالباً بسیار مشابه همان سلسله واکنشهایی تصویرمی‌شود که دربیوسنتزداخل اجسام زنـده معاصررخ می‌دهند . این فکر ازاساس غلط است . سلسله واکنشهای بیوسنتز براثرسازمان ویژۀاجسام زنده به‌سمت

هدف خاصی متوجه است و درامتداد خط سیر توالی جداً معینی از واکنشها پیش می‌رود . از این‌رو ممکن است به‌تولید ثابت مواد بسیار پیچیده و اختصاصی منجر شود و این مواد بدین‌سان می‌توانند درسلول جمع شوند و به‌غلظت قابل ملاحظه‌ای برسند . همان‌طور که از راه مقایسهٔ بیوسنتز اسیدهای امینه با سنتز میلر و مقایسه تشکیل پرتئینها با سنتز اکابوری می‌توانیم مستقیماً نشان دهیم ، سنتز مواد آلی در «آبگوشت ابتدایی» نیز به‌طریق کاملا متفاوتی صورت گرفت . سنتز مواد آلی در «آبگوشت ابتدایی» خطسیرهای معینی از واکنشهای بسیار هماهنگ را دنبال نکرد ، بلکه در سراسر میدان وسیع امکانات شیمیایی که واکنشهای منفرد همدیگر را به‌طریق کاملا تصادفی تقاطع می‌کردند ، درهمهٔ جهات پراکنده شد. از این رو مجموعهٔ متنوع بسیار بزرگی ازهمهٔ اشکال ممکن ترکیبات و پلیمرهای آلی می‌توانست پدیدآید . ولی هر مادهٔ مخصوص هرچه پیچیده‌تر و ویژه‌تر می‌شد، عدهٔ واکنشهایی که می‌بایست درتشکیل آن شرکت کنند بیشتر می‌گردید، و بدین‌جهت احتمال وقوع این امر کمتر می‌شد و غلظت این مادهٔ خاص در «آبگوشت ابتدایی» به‌همان نسبت کمتر می‌گردید . بنابراین می‌توان تصور کرد که تشکیل بی‌زیست خاستهٔ قندها، اسیدهای امینه، بازهای پورینی و پلیمرهای غیراختصاصی این مواد ، یعنی پلی‌پپتیدها و پلی‌نوکلئوتیدها به‌میزان وسیعی صورت می‌گرفت . ولی همان‌طور که در بالا نشان دادیم ، بعید می‌نماید که تشکیل بی‌زیست‌خاستهٔ پرتئینها و اسیدهای نوکلئیك باترتیب بازمانده‌های اسید امینه ومونونوکلئوتید سخت به‌هم بسته موجود بوده باشد . تکامل مواد باپیچیدگی کمتر ولی‌درعین‌حال باساختمانی اختصاصی که صفت ویژهٔ پرتوپلاسم کنونی است، در «آبگوشت ابتدایی» محتملتر می‌باشد؛ اماغلظتشان درآن‌ممکن‌است جزئی بوده‌باشد.

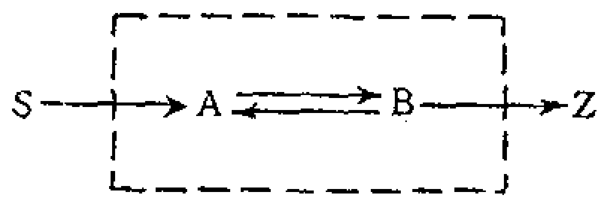
دومین اشتباهی که در آثارعلمی عمومیت بسیار دارد نظری است که بسیاری از دانشمندان بدان معتقدند و در فصل اول درباره‌اش بحث نمودیم و آن این‌است که منشأ نخستین ارگانیسم تااندازه‌ای مانند ترکیب یك‌ماشین ازاجزای پیش ساخته‌شده‌ای تشکیل یافته بود . از این‌رو محیط خارج به‌مثابه انبار ذخیره اجزای مزبور تلقی می‌شود به‌طوری‌که تنها چیزی که درتشکیل ارگانیسم درمحیط اصلی می‌توانست رخ دهد ، انتخاب اجزا بر طبق تنها و تنهاطرح درست ساختمانی هرموجود زنده‌خاص بود. البته هرگز یك چنین طرحی درمیان نبوده و نمی‌توانست باشد. نخستین موجودات از لحاظ ترکیب شیمیایی باملاًء پیرامونشان شباهت داشتند و این بدین علت نبودکه ملاًء پیرامونشان بسیار پیچیده و اختصاصی بوده است (همچنانکه بسیاری از دانشمندان معتقدند) ، بلکه برعکس ، بدین جهت بودکه ترکیب‌وساختمان موجودات‌زنده‌ای که تکامل بیولوژیك ازآنها شروع‌شدازساختمان وترکیب موجودات زنده‌ای که ما درطبیعت پیرامون‌خود می‌بینیم به‌نحو بی‌نظیری ساده‌تر بود .

ترکیب و ساختمان ابتدایی ارگانیسمهای ابتدایی بایستی به‌دفعات بی‌شمار تغییر یافته باشد و عدهٔ بی‌شماری از انواع به‌وجودآمده بایستی مردود شده و به‌نحو برگشت ناپذیر نابود گشته باشند .

فقط به‌تدریج، به‌واسطهٔ یك پروسهٔ انتخاب طبیعی بودکه آن مشخصات ترکیب و سازمانی‌که در همهٔ ارگانیسمهای‌کنونی می‌یابیم، تثبیت شدند. اما دانش‌ما درسطحی است‌که هنوز بسیار عاجزیم از اینکه با تأکید بگوییم‌که درست این تفصیلات خاص سازمانی ونه تفصیلهای دیگر برای بقای هر موجود زندهٔ قابل تصوری مطلقاً ضروری است . برعکس، همان‌طورکه دربالانشان

داده‌شد، اگر شیوهٔ فیزیکی یاشیمیایی صرف می‌بود، در دادن یك پاسخ منفی هیچ درنگ نمی‌کردیم . اما اشکال خاص سازمانی، ازلحاظ تاریخی، درمرحله آغاز تکامل حیات تکمیل شدند و بر طبق قوانین زیست شناسی، میان همهٔ موجودات زنده عمومیت یافتند . بنابراین برای شناخت آنها باید به‌پروسهٔ استقرارشان پی ببریم .

ساده‌ترین نمودارسیستمهایی که حیات ازآنها منشأ گرفت قبلا به‌صورت زیرنموده شده است .



مهمترین عنصرساختمانی چنین سیستمی سطحی است که آن را از ملأ پیرامونش مجزا می‌کند . این سطح می‌توانست سطح مشترك ساده میان يك‌قطرهٔ کوچك کوآسروات و مایع تعادل آن باشد . این عنصرساختمانی همچنین می‌توانست تشکیلاتی باشدبا ساختمانی بسیار پیچیده‌تر. مثلا ممکن است يك جدار پر تئینی-لیپیدی مشابه باصورتبندیهای ساندویچی شکل میسلی[1] باشدکه بونگنبرگ دویونگ آنها را روی سطحهای کوآسرواتهایی یافت که خود ازژلاتین والئات پتاسیم (Potassium oleate) ساخته

---

۱. Micellar Formations . میسل Micelle نام دانه‌هایی است متشکل از گروههای ملکولی زنجیرمانند که حالت کلوئیدی جسم زنده را تعیین می‌کنند . میسلها را میتوان متبلور ساخت وبدون تغییر شیمیایی تغییرشکل داد . میسلها تحت تأثیر عوامل فیزیکی یاشیمیایی به‌صورت گلوله گلوله ، به‌هم می‌چسبند و رسوب می‌کنند و در نتیجه حالت کلوئیدی جسم زنده را از بین می‌برند . — م .

بود . دراین ورقه‌ها یك‌لایه از ملکولهای سمت یافته اسیدالئیك میان دولایهٔ یك‌ملکولی (Unimolecular layer) پرتئین قرار داشت . توجه به‌این نکته اهمیت دارد که یك غشای دارای لایه‌های دو ملکولی (Bimolecular layer) لیپیدها که به‌پرتئین طرف آبدار غشای مجزاکننده اتصال کم و بیش محکمی دارد ، عمومیترین عنصر ساختمانی همهٔ اجسام زنده است و این نشان می‌دهد که درجریان تکامل حیات ، ازابتدای امر پیدا شده است .

خواص جذب سطحی و نفوذپذیری غشاها برحسب ترکیب وساختمان وبار الکتریکی تغییر می‌کند و حتی در ساده‌ترین کوآسرواتهایی که مصنوعاً به‌دست آمده‌اند ، خصلتی انتخابی دارد . بدین جهت بعضی از مواد به‌زحمت از محلول پیرامون به‌داخل قطره‌های کوچك راه می‌یابند ؛ درحالی‌که مواد دیگر با غلظتی بیش از غلظت ملأ خارج در درون آنها جمع می‌شوند. اگر موادی‌که داخل قطرهٔ کوچك می‌شوند ، درآن متحمل‌تغییر شیمیایی نشوند ، دیر یا زود تعادل ترمودینامیك استواری میان قطرهٔ کوچك وملأ خارج برقرار می‌شود .

برای آنکه قطرهٔ کوچك خصلت سیستم بازی داشته باشد باید یك‌جریان مستمر انرژی ازمحیط خارج به‌داخل‌آن صورت گیرد ؛ به‌طوری که مقدار تغییرات نیرو ثابت (dF=Const) باشد . درمورد سیستمی‌که دریك محلول مواد آلی شناور است و این مواد می‌توانند به‌درون‌آن نفوذکنند ، آسانترین راه به‌دست آوردن انرژی ازملأ خارج به‌وسیلهٔ پروسه‌ای انجام می‌شود که ممکن است آن را به‌شکل نموداری به صورت واکنش $A \rightleftarrows B$ نمایش داد .

مادهٔ A که‌پیوسته‌ازملأ خارج‌به‌درون سیستم واردمی‌شود،

با آزاد کردن مقدارمعینی‌انرژی (به‌طور اکزوارگیک[1]) به‌مادهٔ B تبدیل می‌شود. سپس‌مادهٔ B به‌داخل ملأ خارج رانده می‌شود. این امر جریانی ثابت ویك جهتی از انرژی در سیستم برقرار می‌کند . می‌توان عدهٔ نامحدودی ازچنین واکنشها را تصورکرد که به‌آزادکردن انرژی آزاد منجر می‌شدند و در «آبگوشت ابتدایی» رخ می‌دادند .

ولی مؤثرترین واکنشها با بودن هیدروسفر احیا کننده بایستی‌بدون‌شك، واکنشهای‌اکسیدی‌ـ‌احیایی (Oxidoreductive reactions) ، یعنی پروسه‌های متضمن جابه‌جا شدن هیدروژن‌یا الکترون بوده باشند .

اشکال‌گوناگون متابلیسم

روشن است‌که فقط این‌گونه واکنشها در متابلیسم‌متکامل، نخستین پروسه‌های متابلیك را تشکیل داده بودند . این نتیجه ازملاحظات‌صرفاً فیزیکوشیمیایی بحث‌شده بالاونیز ازبررسیهای بیوشیمی مقایسه‌ای گرفته می‌شود ونشان می‌دهدکه این پروسه‌ها درمورد همهٔ موجودات زنده ، بدون استثنا اجباری‌اند .

---

۱. واکنشهایی را که براثر آنها انرژی آزاد یك سیستم کاهش می‌یابد ، یعنی یك جریان انرژی از سیستم به‌بیرون صورت می‌گیرد ، واکنشهای‌اکزوارگیك (Exoergic reactions) یا واکنشهای اکزرگونیك (Exergonic reactions) می‌نامند . درمثال بالاکه سیستم باز است ، کاهش انرژی سیستم براثرجریان انرژی ازراه ورود ماده A به‌داخل سیستم جبران می‌شود . بدین جهت تاوقتی‌که‌غلظت موادسیستم‌وملأ خارج‌آن وسرعت‌واکنشهای درون سیستم تغییر نکنند در جریـان انرژی هیچ تغییری رخ نمی‌دهد ـ م .

۱ـ کلویور A. Kluyver بر اساس مجموعه‌ای از شواهد بسیار متعدد مربوط به‌موضوع مورد بحث ، چنین نوشته است : «بدین‌سان ما به‌این نتیجه می‌رسیم که اصلیترین صفت‌ویژهٔ حالت زنده ، وجود حرکت پیوستهٔ الکترونها به‌یك سمت در اجزای یاخته است» .

واکنشهای اکسیدی احیایی ، بویژه واکنشهایی که‌متضمن جابه‌جا شدن هیدروژن هستند ، ممکن است دوتکه‌شدن‌ملکولها ، یا برعکس ، تراکم (Condensation) آنها را شامل شوند. این را می‌توان با طرح زیر نمایش داد :

$$AH + B \rightarrow A + BH$$

$$AHB \rightarrow A + BH$$

$$AH + B \rightarrow ABH$$

در نتیجهٔ این واکنشها ، غلظت موادی که داخل سیستم می‌شوند و آنها که درطرف‌چپ نشان داده شده‌اند) پیوسته کاهش می‌یابد ؛ حال آنکه غلظت محصولات واکنشها(که درسمت‌راست نشان داده شده‌اند) بالامی‌رود . این امرلازمهٔ حرکت یك‌جهتی مواد درداخل سیستم است . درواقع چنین حرکتی فقط هنگامی صورت می‌گیرد که سرعت جریان واکنش درداخل سیستم ، بیش ازسرعتی باشدکه در ملأ خارج روی می‌دهد . برای این‌کار ، وجود یك نوع کاتالیزور درددون سیستم (خواه در آن پدید آید یاجمع شود) لازم است که بتواند ولو فقط به‌مقدار جزئی‌واکنش مربوط را تسریع‌نماید . اگرما ازنظرگاه فیزیکوشیمیایی‌صرف به‌موضوع نزدیك شویم ، می‌توانیم شمارهٔ هنگفتی ازگروههای اتمها،بنیانها، یا ترکیبات‌آلی‌یا معدنی‌راتصورکنیم که می‌توانند این احتیاج را برآورده کنند .

ولی موضوع بسیار مهم این است که طبیعت زنده از میان این امکانات‌پرشمار، فقط یك‌ترکیب ویژه را انتخاب‌کرده است

که اکنون حامل عمومی هیدروژن برای مطلقاً تمام دنیای زنده است . این ماده‌ی فسفوپیریدین نوکلئوتید (DPN)[۱] وماده‌ای

---

۱. پیریدین نوکلئوتید Pyridine nucleotide اسم شیمیایی مشترك کوآنزیم I (معروف به DPN) و کوآنزیم II (معروف به TPN) بود. DPN مختصر Diphosphopyridine nucleotide و TPN مختصر Triphosphopyridine nucleotide است . در مطبوعات علمی دنیا اصطلاحهای مزبور تاچندی پیش بسیار به‌کار برده می‌شدند و هنوز هم‌گاه‌گاه به‌کار برده می‌شوند . ولی بر اثر تحقیقاتی که به‌عمل آمدمعلوم‌شد که نامهای شیمیایی دی‌فسفوپیریدین نوکلئوتید و تری‌فسفوپیریدین نوکلئوتید با ساختمان شیمیایی کوآنزیم I و کوآنزیم II مطابقت ندارند و بدین جهت غلطند . غلط بودن این نامگذاری بدین دلایل ثابت شده است که اولا این دوماده درواقع دی‌نوکلئوتید Dinucleotide هستند در صورتی که نامهای DPN و TPN این واقعیت را به‌هیچ وجه نمی‌رسانند . ثانیاً چون هر نوکلئوتید خود دارای گروه اتمی فسفات است نامهای DPN و TPN گروههای فسفات را بیش از آنچه واقعاً هست، نشان می‌دهند . ازاین‌رو کمیسیون آنزیم اتحادیهٔ بین‌المللی بیوشیمیستها سرانجام‌توصیه نمود که به جای دی فسفوپیریدین نوکلئوتید(DPN) اصطلاح شیمیایی نیکوتینامید ادنین دی‌نوکلئوتید Nicotinamide adenine dinucleotide ـ باحرفهای اختصاری NAD و به‌جای تری فسفوپیریدین‌نوکلئونام نیکوتینامیدادنین دی نوکلئوتید فسفات Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate ـ با حرفهای اختصاری NADP به‌کاربرده شوند . کمیسیون نامگذاری شیمی بیولوژیك وابسته به‌اتحادیهٔ بین‌المللی شیمی خالص و عملی نیز همین توصیه‌را کرده است . خودپرفسور اپارین دراثر بعدیش به‌نام « منشأ شیمیایی حیات » این توصیه را به‌کار بسته است . چون نامهای پیریدین نوکلئوتید ، DPN و TPN در کتاب حاضر بدون اصلاح وتغییر به‌کاررفته‌اند از خوانندگان تقاضا می‌شود که دربرخورد باآنها نامهای صحیحشان را به‌یاد داشته باشند ـ م.

است که در آن دوملکول مونونوکلئوتید، به‌وسیلهٔ اتصالهای پیرو فسفات به‌هم متصل شده‌اند . وباز یکی ازمونونوکلئوتیدها ادنین است . درصورتی که بازآن‌دیگری نیکوتینامید است . پیریدین‌نوکلئوتید یکی از مهمترین مکانیسمهای بیوشیمی است که در میکربها و گیاهان وجانوران عالیتر ودرهتروترفها واتوترفها ، در ارگانیسمهایی که قندهای مختلف را در تنفس خود تولید واکسید می‌کنند ، و نیزدر ارگانیسمهایی که منابع کربن آنها فنل ودیگر مشتقات هیدروکربورهای مربوطه هستند، یافته می‌شود . پیریدین‌نوکلئوتید بدون‌تردید حتی‌در آن زمانهای دورکه‌درخت حیات هنوز بی‌شاخه بود ، اقلا تاآنجا که به‌آن قسمت ازدرخت مزبورمربوط می‌شود که تمام دنیای زندهٔ کنونی راپدیدآورد،در واکنشهای‌اکسیدی‌احیایی به‌مثابهٔ حامل‌هیدروژن عمل کرده‌است.

بـاوجود این بعید می‌نمایدکه مـادهٔ پیچیده‌ای همچون پیریدین‌نوکلئوتید بتواند نخستین حامل هیدروژن بوده باشد . احتمال‌کلی می‌رودکه نخستین ارگانیسمها درجریان تکامل خود بسیاری ازدیگر ترکیبات بسیار ساده‌تر ومشتق از ملأ خارج‌را به‌عنوان حاملهای هیدروژن به‌کاربرده باشند .

ازاین مبنای بسیار ابتدایی بودکه نخستین اصلاحات در موجودات زنده‌صورت گرفت . تنهابعداً هنگامی که به‌وسایلی که در زیر بحث خواهد شد ، شرایط لازم برای تکرار ثابت سنتز پیریدین‌نوکلئوتید تأمین گردید واین ترکیب موقعیتی انحصاری درمتابلیسم بیولوژیك پیدا کرد ومکانیسمهای دیگری‌که کارآیی کمتری داشتند ، براثرانتخاب طبیعی : به‌طور برگشت‌ناپذیری حذف‌شدند . ماآنهارا درارگانیسمهای‌معاصر نمی‌یابیم‌وبنابراین گلولهٔ سربی‌ژرفاپیمای‌بیوشیمی‌مقایسه‌ای‌ماهنوزاعماق روزگاران مربوط به‌آغازهای بسیار ابتدایی حیات را نپیموده است؛ ولی‌با

وجود این به‌سرچشمهٔ حیات بسیار نزدیك شده‌ایم .

درساده‌ترین موردی که سیستم جاری ماست ، انرژی آزاد شده در جریان واکنش اکسیدی احیایی به‌صورت گرما انتشار می‌یافت ؛ در حالی که غشای احاطه کنندهٔ سیستم بدون تغییر یا ساکن باقی می‌ماند. درچنین سیستمی واکنش وساختمان گویی مستقل ازیکدیگر بودند امادر پروسهٔ پیداشدن حیات این‌دوجنبهٔ سازمانبندی بایستی بههم مربوط شده باشند . ف . شیمیت F.Schmitt دربررسی‌مفصل خود راجع به‌سیستمهای لیفی‌وغشایی اجسام زندهٔ مختلف به‌این نتیجه رسید که هرچندکه خواص این سیستمهارا ساختمان داخلی ملکولهای‌درشت واستعدادملکولهای مزبور برای تجمع مشخص می کند ، ولی همهٔ آنها (به‌انضمام غشای سطحی محیطی پرتوپلاسم) تاوقتی که انرژی از بیرون داخل آنهانشده‌است به‌شکل‌صورتبندیهایی بی‌حیات باقی‌می‌مانند. در مورد سیستم اصلی که در بالا مورد بحث واقع شد ، انرژی برای واکنشهای‌اکسیدی احیایی که‌دردرون سیستم ادامه‌می‌یافتند فقط از خارج می‌توانست بدان برسد ، بنابراین ، از نظرگاه زیست‌شناسی نه‌تنها امکان‌آزاد شدن بالفعل انرژی درسیستم است که اهمیت دارد ، بلکه لگامزدن به‌انرژی آزاد شده واستفاده از آن هم حائز اهمیت است . اما این امر به«مکانیسمهای لگامزن» فرعی نیازمنداست که بدون‌آنها حیات ناممکن است. م. دیکسن M. Dixon در این باره می‌نویسد : «اساسیترین نیازمندی مادهٔ زنده برای بقا ، اگر اصلا بنا باشد که باقی بماند ، دارا بودن مکانیسمی است که بدان وسیله انرژی‌آزاد ناشی از واکنشهایی نظیر اکسیداسیون مواد غذایی ، به‌عوض آنکه به صورت گرما اتلاف شود به‌مصرف انجام واکنشها و پروسه‌هایی برسد که به‌انرژی‌احتیاج‌دارند.» ایدهٔ کلی که درپس‌همهٔ مکانیسمهای‌مزبور

قرار دارد این است که در نتیجهٔ یك سلسله استحاله‌های ماده‌ای که منبع اصلی انرژی است ، ترکیباتی با اتصالهای پر انرژی تولید می‌شوند . این اتصالها براثر هیدرولیز یك‌ملکول گرم‌در حدود ۱۰،۰۰۰ کالری انرژی آزاد می کنند ؛ در صورتی که از هیدرولیز معمولی هیدراتهای کربن ، چربیها یا پرتئینها بیش‌از دو تا چهار هزارکالری برملکول گرم انرژی حاصل نمی‌شود . گروه متنوع بزرگی از ترکیبات آلی می‌توانند چنین‌اتصالهایا انرژی زیادی را دارا باشند . در طبیعت زنده از این‌گونه مواد بسیار وجوددارد که اتصالهای انیدریداسیدی (اسیلفسفاتی- Acyl phosphatic یا پیروفسفاتی Pyrophosphatic) ، فسفوآمید یا تیواستردارند . اما از حیث مبادلهٔ انرژی درموجودات‌زنده، ادنوزین‌تری‌فسفات(ATP) حائزموقعیت‌مطلقاً برجسته‌ای‌است. این ماده مانند پیریدین‌نوکلئوتید ، در همهٔ موجودات زنده ، بدون استثنا یافته می‌شود . ادنوزین تری‌فسفات شامل مونونو- کلئوتیدادنیلیك‌است‌که بوسیلهٔ اتصالهای پیروفسفات به‌دوملکول اسیدفسفریك‌متصل‌شده‌است . این‌اتصالها پرانرژی‌اند. بنابراین، اگریك ملکول اسید فسفریك از ATP جدا شود ، ادنوزین دی فسفات (ADP) به‌دست می‌آید ودرحدود ۱۲۰۰۰ کالری برملکول گرم انرژی‌آزاد می‌گردد .

انرژی مساوی‌مقداربالا را که به‌سبب استحالهٔ موادغذایی اصلی آزاد می‌شود ، می‌توان برای سنتز ATP از ADP به‌کار برد و به‌صورت یك اتصال واحد پیروفسفات ذخیره‌کرد .

ارگانیسمهای کنونی که می‌توانند تنفس کنند ، قسمت‌بیشتر ATP خود را بوسیلهٔ انرژی به‌دست آمده از اکسیداسیون هیدروژن پیریدین نوکلئوتید که‌توسط اکسیژن هواعملی‌می‌شود، سنتزمی‌کنند. اما این واکنش‌فقط می‌تواند درحضور مکانیسمهای

شیمیایی ویژه‌ای صورت گیرد که تنها ارگانیسمهای قادر به‌تنفس دارا هستند نه بی‌هوازیها . نتیجه این است که این واکنش را نمی‌توان یك خط سیرابتدایی متابلیسم تلقی کرد (بعداً بیشتر بحث خواهد شد) .

اما درجنب ایـن روش تشکیل ATP ، روشهـای دیگری هستندکه برای تمام دنیای زنـده عمومیت دارند و پایهٔ متابلیسم هوازی و بی‌هوازی را می‌سازند .

درتمام طبیعت زنـده ، فسفریلاسیون ADP به‌یکی از سه طریق زیرصورت می‌گیرد :

۱) اکسیداسیون بی‌هوازی ۳ ـ الدئید فسفوگلیسریك به‌اسید ۳ـ فسفوگلیسریك :

$$۳\text{– Phosphoglyceraldehyde} + ADP + PO_4H_2 + DPN$$
$$\rightarrow ۳\text{ –Phosphoglyceric acid} + ATP + DPN\text{–}H$$

۲) تبدیل اسید ۲ـ فسفوگلیسریك به‌اسید پیروویك :

$$۲\text{–phosphoglyceric acid} + ADP \rightarrow \text{Pyruvic acid}$$
$$+ ATP + H_2O$$

۳) دکربـوکسیلاسیون اکسداتیو[۱] اسیدهـای آلفاستو[۲]

---

۱. Oxidative decarboxylation دکربوکسیلاسیون اکسیداتیو یعنی گرفتن گروه اتمی کربوکسیل (COOH–) از یك اسیدآلی ونشاندن اکسیژن به‌جای آن است ـ م .

۲ . کتواسید (Keto acid) یااسیدستو (Ceto) نام‌اسیدهایی است که ملکول آنها دارای یك گروه اتمی کربوکسیل(COOH–)و یك گـروه اتمی‌ستون R.CO.R است . درنتیجه فرمول کلی آن $R.CO.(CH_2)n.COOH$ می‌شود معمولاً کربن کربوکسیل‌رادر رشتهٔ کربنی ملکول کتواسید به نام کربن‌آلفا (α) و کربنهای بعدی متعلق به $R^{\prime}$ تا $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$ را به‌ترتیب (اگر وجود داشته باشند) بتا (β) ، گاما (γ) و غیره می‌نامند . بنابراین فرمول عمومی

بقیهٔ پاورقی درصفحهٔ بعد

(α- Keto) که ممکن است باحضور اکسیژن یا از راه بی‌هوازی صورت گیرد :

$$\alpha\text{- Ketoglutaric acid} + ADP + PO_4H_3 + DPN \rightarrow$$
$$\text{Succinic acid} + ATP + DPN - H + CO_2$$

(پیریدین نوکلئوتید = DPN

پیریدین نوکلئوتید احیاشده = DPN - H)

هیچ یك از این سه واکنش (آن‌طور که برای سادگی در معادلات بالا نشان داده شده است) یك عمل واحد شیمیایی نیست، بلکه تا اندازه‌ای مجموعهٔ بسیار بغرنج اعمالی است که به‌دنبال‌هم می‌آیند[۱] . اما می‌توان تصور کرد که این مجموعهٔ واکنشها نسبتاً

بقیهٔ پاورقی از صفحهٔ قبل

اسیدهای آلفاستو R. CO.COOH است ، مانند اسید پیروراسمیك Pyroracemic acid به‌فرمول $CH_3.CO.COOH$ و اسیدآلفاستو- گلوتاریك به‌فرمول $COOH.CH_2.CH_2.CO.COOH$ – م .

۱. ممکن است رشته حوادث شیمیایی زیررا که زمینه‌طرح اول را تشکیل‌می‌دهند ، به‌عنوان مثال‌بیاوریم . مرحلهٔ اول‌تشکیل ترکیبی‌است بین‌گروه الدئیدی ماده‌اصلی (۳ـفسفو گلیسرالدئید) وگروه سولفیدریل Sulphydryl از جنس گلوتاتیون ـ آنزیم ـ پرتئین . این ترکیب به‌پیریدین نوکلئوتید هیدروژن می‌دهد . این امر منجر به‌تشکیل یك اسیل‌مرکاپتان Acyl mercaptan می‌شود که‌ماده‌ای استباا تصالی‌پرانرژی . سپس‌فسفرلیز Phosphorolysis اسیل مرکاپتان صورت می‌گیرد وبنیان اسید(همان بنیان‌اسید R.CO است که برخلاف گروه هیدروکسیل (OH-) در تولید مشتقات اسیدها بدون تغییر می‌ماند ـ م .) از اتم گوگرد آن به یك گروه فسفات منتقل می‌شود . اسید ۱ـ۳ دی فسفوگلیسریك (1-3 diphosphoglyceric acid)ساخته می‌شود واین‌اسیددارای یك گروهندی پـر انـرژی کربوکسیل فسفات Carboxyl phosphate است . بالاخره گروه فسفات ازگروه کربوکسیل‌به ADP منتقل می‌گردد و ATP ساخته می‌شود .

به‌زودی بعدازپیداشدن حیات تکمیل شدند. زیرا آنهادا به‌طور مطلق درهمهٔ سیستمهای متابلیکی که اکنون می‌شناسیم، بــه‌مثابهٔ حلقه‌های اتصالی مشخصی می‌یابیم.

ATP که به‌راههای مزبورساخته می‌شود برای متنوعترین پدیده‌های حیاتی که به‌انرژی آزاد احتیاج دارند، مثلا از قبیل کار اسمزی مربوط به‌جذب و دفع، کارمکانیکی درحرکت وغیره، منبع انرژی بسیار وسیع‌الانتشاری است. ما بعداً به‌این پدیده باز خواهیم گشت؛ اما اینجابــاید توجه خویش را به‌اهمیت ATP در مورد آن عده از اعمال سنتزی معطوف نماییم که ارگانیسم بدون آنها نمی‌توانست خود باز سازی مستمرش را دربرابر تجزیه‌ای که همیشه ادامه دارد، انجام دهد.

اعمالی که ازاین حیث به‌کاملترین صورت بررسی‌شده‌اند، اعمال‌مربوط به‌پلیمریزاسیونند که هنگام‌تولیدنشاسته‌یا گلیکوژن از گلوکز رخ می‌دهند.

این اعمال را می‌توان به‌صورت یك طرح کلی باسه‌واکنش پی‌درپی زیر نشان داد:

گلوکز + ATP → گلوکز_۶_فسفات + ADP

گلوکز_۶_فسفات → گلوکز_۱_فسفــات

گلوکز_۱_فسفــات → گلیکوژن + PO_4H_3

به‌طریق‌مشابهی‌می‌توان شرکت ATP درسنتزپیریدین‌نو_کلئوتید (DPN) را به‌وسیلهٔ سلسلهٔ واکنشهای زیر نشان داد:

آلفا ریبوز + ATP → ریبوز_۵_فسفات + ADP

ریبوز_۵_فسفات → ریبوز_۱_فسفات

نیکوتینامید + ریبوز_۱_فسفات → نیکوتینامیدریبوزید + PO_4H_3

نیکوتینامیدریبوزید + ATP → نیکوتینامیدمونونوکلئوتید + ADP

نیکوتینامید مونونوکلئوتید + ATP → DPN + پیروفسفات

طبق‌مطالعات اخیرس. اچوا S. Ochoa و م. گرونبرگ‌ ماناگو و ا. کرنبرگ ودیگران پروسهٔتشکیل اسیدهای نوکلئیك مانند پروسهٔ تشکیل پلی ساکاریدهـا ممکن است یك فسفرلیز[۱] معکوس باشد؛ گرچه دراین مورد نقش عمده بیشتر برعهدهٔ ADP و دی فسفومونوکلئوتیدهای دیگر است تا ATP . محققاً ATP دربیوسنتز پروتئینها نقشی ایفامی‌کند، امابه‌هرحال هنوزمکانیسم این پروسه روشن نیست .

اکنون می‌توانیم بـه‌مثالهای متعدد دیگری اشاره‌کنیم‌که نشان می‌دهند که ATP منبع اساسی انرژی است و موجب بسیاری ازبیوسنتزها می‌شود . اما دربسیاری ازموارد ATP به‌تنهایی‌کافی نیست. همچنین هیدروژنی‌که پیریدین نوکلئوتید حامل آن است غالباً بـه‌منظور احیا لازم می‌آید . به‌علاوه درهمهٔ بیوسنتزهـای متضمن تشکیل یك اتصال مستقیم بین دواتم‌کربن ، مادهٔ ثـالثی ضرور است‌که مانند ATP و ADP درهمه‌جا پادرمیانی‌کند . این ماده همان به‌اصطلاح‌کوآنزیم A (CoA) است .

همان‌طورکه تحقیقات ف. لیپمن ، و ت. لینن T. lynen نشان داده است‌کوآنزیم A ترکیب پیچیده‌ای است و ملکول آن حاوی ادنیل مونونوکلئوتید ، اسید فسفریك ، اسید پانتوتنیك و تیواتانولامین Thioethanolamine است. بنابراین CoA مانند ATP و DPN یك مشتق مونونوکلئوتید است. اهمیت آن ابتدا در فعال ساختن اسید استیك به‌اثبات رسیدکه درمتابلیسم بیولوژیك موقعیت بسیار مهمی دارد ؛ زیرا حلقهٔ رابطهٔ میان هیدراتهـای کربن و پرتئینهـا و چربیهاست . اما اسید استیك به‌تنهایی از

---

۱. Phosphorolysis . فعل وانفعال دوطرفهٔترکیب‌وازهم جدا شدن قند واسید فسفریك را در متابلیسم هیدراتهای کربن فسفرلیز می‌نامند ـــ م .

لحاظ متابلیسم بی‌اثر است. بنابراین پیش ازآنکه بتواند دریك واکنش استیلاسیون[1] یاتراکم دخالت کندباید بەطریقیفعال گردد. این کار باتشکیل استیل‌کوآنزیم A انجام می‌شود که تیواستر[2] اسید استیك وکوآنزیم A است. اتصال تیواستری که بدین سان تشکیل می‌شودپرانرژی‌است (ازهرملکول گرم‌آن براثرهیدرولیز ۸۲۰۰ کالری آزاد می‌شود) بنابراین انرژی آزاد برای سنتز آن لازم است. این انرژی لازم شاید برطبق‌معادلات زیر بەوسیلهٔ ATP فراهم شود:

استات + ATP → Acetyl AMP + پیروفسفات

AMP استیل + CoA → A استیل‌کوآنزیم + AMP

(AMP = Adenosine monophosphoric acid یا Adenyl mononucleotide.)

ذخیرهٔ استیل که بدین سان بەوسیلهٔ CoA فعال می‌شود می‌تواند درمتنوعترین واکنشها شرکت کند. مثلا همان طورکه درموقع سنتز اسیدهای چرب سنگینتر پیش می‌آید، درواکنشهای تراکم هم منجر بەتشکیل اتصالهای جدیدکربن به‌کربن ودراز شدن زنجیر کربنی می‌شود. اسیدهای‌دیگرازهردوسلسلهٔ الیفاتیك Aliphatic و ارماتیك Aromatic می‌توانند درواکنشهای تراکم بەهمان نحوهٔ اسید استیك دخالت کنند.

بنابراین، اهمیت‌بیولوژیك‌عظیم‌کوآنزیم A دراین‌حقیقت نهفته است‌که اتحاد ملکولهای‌کوچك آلی بەوسیلهٔ اتصالهای کربن ،کربن را وساطت می‌کند تاترکیبات پیچیده‌ای با وزن ملکولی زیاد بسازد؛ یعنی درسنتز اسکلت‌کربنی اجزای ترکیبی پرتوپلاسم واسطهٔ یکی ازپروسه‌های اساسی است. چنین‌پروسه‌ای

---

۱. Acetylation . جانشین‌شدن‌بنیان‌استیل (CH_3CO-) را در ترکیبات آلی‌استیلاسیون می‌نامند - م.

۲. Thioester بەفرمول R.S.R - م.

بایستی درمرحله‌ای بسیار ابتدایی از تکامل تدریجی بیولوژیك پدیدآمده باشد وبنابراین مکانیسم عهده‌دار انجام‌آن (CoA) باید درسراسرجهان موجودات زنده یافته شود .

توجه‌به‌این‌امر که وجود کوآنزیم A همچنین امکان‌می‌دهد که دی اکسیدکربن با موادآلی اجسام زنده ترکیب شود برای بحث بعدی حائزاهمیت است . این تثبیت به‌اصطلاح هتروترفیك CO_2 در همهٔ موجودات زنده بدون استثنا رخ می‌دهد . اما در ارگانیسمهای نخستین ، این امرفقط مکمل پروسه‌های مهم سنتز بود ونقش قابل توجهی درمتابلیسم ایفا نمی‌کرد . زیرا درچنین تثبیتی انرژی آزاد ترکیبات آلی هیچ افزایش نمی‌یافت بلکه به‌عکس ، از آن‌کاسته می‌شد . باوجود این همان‌طورکه خواهیم دید ، این واکنش بعداً جزء مهمی از متابلیسم اتوترفیك گردید که بسیار دیرترپدیدآمد .

بدین‌ترتیب ، سه مکانیسم شیمیایی (DPN ، ATP و CoA) که شرح داده شد و عدهٔ معدود واکنشهایی که درچنان مرحلهٔ فوق‌العادهٔ ابتدایی تکامل تدریجی براثر آنها صورت گرفتند ، پایهٔ تبدیل صورتبندیهای‌کلوئید اصلی به چنان سیستمهای بازی گردیدندکه خود بقایشان وابسته به انجام ثابت اعمال تجزیه و ترکیب دردرون آنها شد ؛ به‌طوری‌که سیستمهای مزبور ، تحت شرایط تأثیر متقابل مداوم برملأ خارج ، استعداد صیانت ذات وحتی نمو را دارا شدند .

البته همان‌طورکه قبلاخاطرنشان‌کردیم،سیستمهای‌دارندهٔ این مکانیسمها را با اشکال می‌توان ابتداییترین موجودات زنده تلقی‌کرد . درسیستمهای مزبور نقشهای DPN ، ATP ، CoA ، بایستی توسط ترکیباتی با پیچیدگی‌کمتر ایفا شده باشد و رشتهٔ واکنشهای مختلف تجزیه و ترکیب بایستی حتی از آنچه دربالا

نشان دادیم ساده‌تر بوده باشد . اما با معلوماتی که اکنون داریم نمی‌توانیم به‌دورهٔ بازهم قدیمتر تکامل حیات که بلافاصله پس از پیداشدن آن پیش‌آمد ، دست یابیم ؛ بلکه فقط مجبوریم بکوشیم که تاریخ تکامل مزبور را باشروع سیستمهایی متصور سازیم که متضمن رشته واکنشها و مکانیسمهای مشروح بالا بودند .

دواصل، اساس‌تمام جریان بعدی تکامل تدریجی راتشکیل دادکه اولی جنبهٔ انرژتیك دارد. ای. پریگوجین I. Prigogine برپایهٔ مطالعات ترمودینامیك خود دربارهٔ سیستمهای باز به‌این نتیجه رسیده‌است که پیشرفته‌ترین‌سیستم‌آن است که حداقل‌افزایش آنتروپی را دارا باشد . از این‌رو او عقیده داردکه با پیچیده‌تر شدن و پیشرفته‌تر گشتن سیستمهای بیولوژیك درجریـان تکامل تدریجی، آنتروپی‌آنها بایستی به‌تدریج کاهش‌یافته باشد. اخیراً ت. ماتسونویا T. Matsunoya معادلهٔ جالبی مطرح کرده است که در آن انتشار انرژی درسیستمهای بیولوژیك ، محك درجهٔ پیشرفته بودن سازمان متابلیك آنها شمرده می‌شود . این محك درموارد خاص نتایجی می‌دهدکه بانتایج حاصل از ارزیابی پیشرفته‌بودن سازمان انرژتیك سیستم براساس ضریب مخصوص فعالیت مفیدآن تطبیق می‌کند ؛ ولی چنین می‌نمایدکه محك قبلی به‌میزان قابل ملاحظه‌ای قابلیت‌کار برد عمومیتری داشته باشد .

ماتسونویا نشان داده است‌که طبق محکی‌که انتخاب‌کرده است ، تکامل تدریجی مترقی متابلیسم همیشه اجباراً به افزایش پیچیدگی دوره‌های واکنشها و افزایش شمارهٔ حلقه‌های‌ارتباطی درسلسله‌های واکنشها می‌گراید .

این اصل همچنین بااصل دوم‌که به‌تکامل تدریجی سازمان پروسه‌های سنتز مربوط می‌شود ، هماهنگی دارد . عاملی‌که در مورد تکامل تدریجی‌مترقی سیستمهای اصلی اهمیت بیشتری‌داشت

اکتساب تصادفی ترکیب ویژه‌ای ازملأ خارج نبوده ، بلکه‌پیدا شدن واکنشهای هماهنگ درسیستم بودکـه براثر تأثیر متقابل بی‌وقفهٔ سیستم بر مـلأ خارج ، موجب سنتز ترکیب مزبور می گردید .

شباهت زیاد میان ترکیب‌ارگانیسمهای نخستین و ترکیب ملأ (همان‌طورکه قبلا دیدیم) براثر پیچیدگی و ویژگـی ملأ نبوده ، برعکس براثرسادگی سازمان موجود زندهٔ ابتدایی‌بوده است. درسیستمهای بیولوژیك اصلی، هرقدر پیچیدگی وویژگی اجزای ترکیبی کمتر و هر قدر شباهت ماهیت شیمیایی آنهـا به‌طبیعت ترکیبات فراوان «آبگوشت مغذی ابتدایی» بیشتر بود، همان قدر هم تعداد حلقه‌های ارتباطـی لازم در زنجیرهای سنتز کنندهٔ اجزای‌اختصاصی‌مزبور معدودتروسازمان سیستم ابتداییتر، اما وابستگیش به محیط خارج بیشتر بود . طبعاً انتخاب طبیعی ارگانیسمهای ابتدایی به‌سمت نابودکردن این وابستگی که‌همیشه ارگانیسم را به نابودی تهدید مـی‌کرد ، ونیز به‌سوی یك‌شکل سازمان‌متوجه بود. این سازمان ازموادغیراختصاصی‌ملأ‌پیرامون ایجاد موادی را تضمین می‌کردکه پیوسته پیچیده‌تر گشته و بـا انجام اعمال بیولوژیك ویژه سازگارتر می‌شدنـد. بدین منظور لازم بودکه از مواد ملأ « سلب شخصیت » شود . یعنی این مواد به‌قطعات‌نسبتاً کوچك ومتحدالشکلی‌تبدیل گردندکه ازآنهاهریك از اجزای ترکیبی و مخصوص سیستم به‌وسیلهٔ روشهای استاندارد ساخته شود ؛ هرچندکه روشهای مزبور ممکن بود متضمن‌سلسله واکنشهای دارای حلقه‌های ارتباطی بسیار باشند .

درارگانیسمهای‌کنونی کـه راه درازی ازمسیرتکامـل را

پیموده‌اند، در واقع یك‌چنین شکل سازمان متابلیسم ساختمانی ۱ را می‌توان یافت . در همهٔ موجودات مزبور ، اجزای ترکیبی پیچیدهٔ پرتوپلاسم از مواد ابتدایی بسیار ساده باوزن ملکولی‌کم مانند امونیاك، اسیداستیك، گلیسین، اسیدسوکسینیك،ستواسیدها و غیره ساخته می‌شوند . منشأ این ترکیبات ، قطعات حاصل از منابع آلی تغذیه است که ازمحیط خارج گرفته می‌شوند وبر- اثر متابلیسم انهدامی۲ تجزیه می گردند . بنابراین، درمتابلیسم معاصر دوجانب ساختمانی و انهدامی متابلیسم سخت بـه هم بسته شده‌اند و فقط دوجنبهٔ یك پروسهٔ واحد را تشکیل می‌دهند.

اما بقای چنین سیستم متابلیکی نیازمند شبکهٔ بسیاربغرنج و پراتصال واکنشهایی است که در آن عدهٔ پرشماری از حوادث شیمیایی ازلحاظ زمانی ، هماهنگی‌دقیق و ثابتی دارند . تکامل تدریجی مترقی‌ارگانیسمهای ابتدایی درواقع به‌سوی بسط‌وتکامل یك چنین شبکهٔ پراتصالی سیر کرده است .

---

۱. Constructive metabolism، مجموعهٔ اعمال‌شیمیایی‌و فیزیکی را که در موجود زنده در جهت ساخته شدن مادهٔ پیچیدهٔ زنده ازمواد سادهٔ غیرزنده است وجسم زنده برای تحقق‌آن علاوه بر مواد آلی ساختمانی به انرژی نیز احتیاج دارد ، به نامهای متابلیسم ساختمانی (Constructive metabolism) و متابلیسم جسمی (Substance metabolism) و آنابلیسم Anabolism نامیده‌اند ـ م .

۲. Destructive metabolism مجموعهٔ اعمال شیمیایی و فیزیکی را که درموجود زنده درجهت‌تجزیهٔ مادهٔ زنده وتبدیل‌آن به‌مواد ساده‌تر است ، و با آزاد شدن مقداری انرژی برای انجام اعمال متابلیسم ساختمانی‌واعمال حیاتی دیگرهمراه است به‌نامهای متابلیسم انهدامی (Destructive met.) ، متابلیسم انـرژی (Energy met.) وکاتابلیسم Catabolism یا متابلیسم‌قهقرایی (Retrograde met.) نامیده شده است ـم.

رشته واکنشهایی که برای همهٔ موجودات زنده ضروراست و دربالا بدان اشاره شد درموجودات ابتدایی وجود داشت. این رشته درحالی که درجریان تکامل تدریجی مکانیسم شیمیایی آنها بود ، در جهات بسیار تکمیل شد و همواره مکانیسمهای نو را به‌وجود می‌آورد.

بدین جهت ما درارگانیسمهای‌امروزی مکانیسمهای‌مزبور را ، هرچند که بسیار مهمند ، فقط به مثابهٔ عناصری ازترکیب شبکهٔ عمومی‌متابلیسم ، یعنی فقط به‌منزلهٔ حلقه‌های اتصالی‌خاصی درسیکلها و سلسله‌های دراز واکنشهامی‌یابیم . بررسی مقایسه‌ای سازمان‌این سلسله‌هاوسیکلها درمظاهر گوناگون جهان‌زنده برای شناخت حیات دریك دورهٔ هستی آن‌که نسبت به‌حالا بسیار دور است ، بسیار سودمند است.

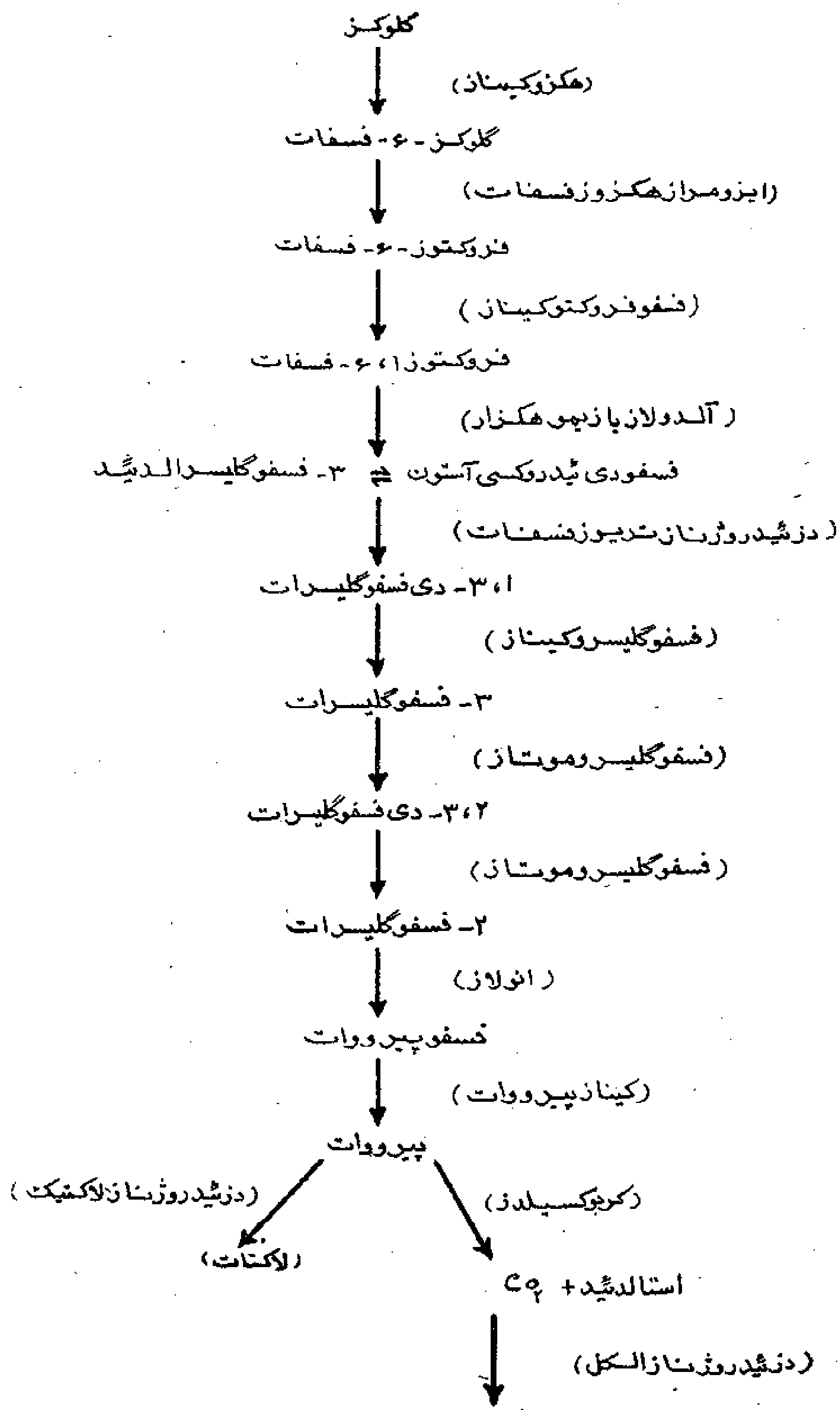
بعضی ازاقسام هیدراتهای‌کربن منبع‌اصلی‌کربن و اساس متابلیسم‌انرژی دراکثریت عظیم‌ارگانیسمهای امروزی‌اند. ممکن است‌که مواد مزبور یا ازمحیط به‌ارگانیسم داخل‌شوندیابه‌وسیلهٔ آن سنتز گردند. با اشکال می‌توان گفت‌که‌این شکل متابلیسم آیا «تنهٔ» واقعی «درخت حیات» پیش ازشاخه دادنش بوده، یا اینکه فقط یك شاخهٔ ابتدایی و مهم آن بوده است .

مطالعات راجع به متابلیسم چند موجود ذره‌بینی به دست آمده ازخاك مناطق‌نفتی، دراینکه هیدراتهای‌کربن‌منبع منحصر به فرد تغذیهٔ‌ارگانیسمهای نخستین بوده‌اند ، ایجاد تردید نموده است . این موجودات نمی‌توانند قند را همانند سازی‌کنند وتنها منبع کربن و انرژی آنها هیدروکربورهای نفت و نزدیکترین مشتقاتشان مثل پارافینها ، فنلها ، تولوئن ، اسیدسالیسیلیك‌ها وغیره هستند. متأسفانه‌هیچ شاهد بی‌عیبی‌وجود نداردکه ماراقادر سازد به یقین بگوییم‌که این ارگانیسمها مستقیماً ازتنهٔ اصلی «درخت حیات»زاده شدند یااینکه شکل‌خاص متابلیسم آنهاثانوی

است. درهرصورت این‌شکل متابلیسم دلالت بسیار به‌این دارد که نقل مکان هیدروژن ـ که برای واکنشهای اکسیدی احیایی ضرور است و درتمام دنیای زنده عمومیت دارد ـ ومکانیسمهای لگامزن انرژی دراین موجودات هم دیده می‌شود . به‌هرصورت که باشد، باید فرض نمود که شاخهٔ اصلی «درخت حیات» که موقعیتی تقریباً انحصاری درپروسهٔ تکامل کسب کرده است ، شاخهٔ هیدرات کربن متابلیسم بود. روشن است که حتی درخود قاعدهٔ این‌شاخه‌بایستی سلسلهٔ خاص و بسیار بغرنج واکنشها ، همان سلسلهٔ پرحلقهٔ استحاله های شیمیایی که اکنون در متفرعات نزدیك آن به مثابهٔ خصیصه‌ای متابلیك تقریباً درهمهٔ موجودات زندهٔ امروزی دیده می‌شود ، تشکیل یافته باشد .

نموداری ازاین سلسله واکنشها که اساس تخمیرالکلی و لاکتیك درمیکربها ، گلیکولیز درجانوران و به‌اصطلاح «تنفس داخل ملکولی» درگیاهان عالیتر را تشکیل می‌دهد ، در شکل (۷) نموده شده است.

این نمودار شامل ۱۲ واکنش پی‌درپی است به‌طوری که توالی واکنشها درسراسر این سلسلهٔ دراز برای همهٔ پروسه‌های فوق‌الذکر یکی است و فقط درپایان آن است که هنگام تشکیل اسید پیروویك ، باتشکیل اسیدلاکتیك درتخمیرلاکتیك والکل اتیلیك و دی اکسیدکربن در تخمیرالکلی، انشعاب می‌یابد . در میان واکنشهای‌این سلسله ، واکنشهایی می‌شناسیم ازقبیل تبدیل ۳ـفسفوگلیسرالدئیدبه‌اسید۳ـفسفوگلیسریك‌و۲ـفسفوگلیسرات به پیرووات . مکانیسمهای اصلی انتقال هیدروژن و «جمع شدن» انرژی که دراینجاتأثیردارند DPN و ATP هستند وتنهاچیزی که باید افزوده‌شود تیامین پیروفسفات Thiaminepyrophosphate (TPP) است که‌در دکربوکسیلاسیون‌اسیدپیروویك‌شرکت می‌کند.


گلوکز
(هکزوکیناز)
گلوکز-۶-فسفات
(ایزومراز هکزوزفسفات)
فروکتوز-۶-فسفات
(فسفوفروکتوکیناز)
فروکتوز ۱، ۶-فسفات
(آلدولاز یا زیموهکزاز)
فسفودی هیدروکسی آستون ⇌ ۳-فسفوگلیسرالدهید
(دزهیدروژنازتریوزفسفات)
۱، ۳-دی فسفوگلیسرات
(فسفوگلیسروکیناز)
۳-فسفوگلیسرات
(فسفوگلیسروموتاز)
۲، ۳-دی فسفوگلیسرات
(فسفوگلیسروموتاز)
۲-فسفوگلیسرات
(انولاز)
فسفوپیروات
(کینازپیروات)
پیروات
(دزهیدروژنازلاکتیک)
(لاکتات)
(کربوکسیلاز)
استالدهید + CO_2
(دزهیدروژنازالکل)
الکل اتیلیک

(شکل ۷)

پیچیدگی ذاتی این سلسله واکنشها درمقایسه با رشته‌های واکنشهای نسبتاً ساده‌ای‌که در بالا راجع به‌آنها بحث‌کردیم ، به‌نقطهٔ شروع آن ، یعنی به‌آماده‌کردن مادهٔ اصلی (قند) برای واکنشهای اکسیدی احیایی‌که منبع عمدهٔ انرژی است ، مربوط است . این‌عمل ازیک سوشامل بالا بردن سطح انرژی ملکول قند به واسطهٔ فسفریلاسیون‌آن به‌کمك ATP ، و ازسوی دیگرمتضمن این است‌که ملکول‌هکزوزدی فسفاتی‌که بدین‌سان تولید می‌شود به دوملکول تریوز فسفات شکسته شود.

اگر بامشاهدهٔاین‌افزایش پیچیدگی، محك درجهٔپیشرفته بودن سازمانبندی متابلیسم را به یاد بیاوریم ، باید بی‌درنگ بپذیریم‌که در مقایسه با شکل اصلی سازمانبندی گامی به جلو است .

این توالی خاص و مؤثر استحاله‌های شیمیایی درسلسلهٔ بسیاربغرنج واکنشهای تخمیری‌براثرموضع‌گیری مکانی‌پروسه‌ها حاصل نشده ، بلکه به‌طور عمده به وسیلهٔ سازمانبندی زمانی، با استقرار یك رابطهٔ جداً هماهنك بین سرعتهای تك‌تك واکنشهای سازندهٔ حلقه‌های‌ارتباطی‌سلسله واکنشهاتأمین‌شده‌است. بدین‌سان ساختمان اجسام زنده در سازمانبندی سلسله واکنشهای تخمیری مستقلا آن نقش فوق‌العاده مهمرا نداشت‌که اکنون درایجادشکل سازمان متابلیك پیچیده‌تر اما با رشد به مراتب متأخرتر برعهده دارد. سلسله واکنشهای واسطه‌ای وعهده‌دار تخمیرهای الکلی‌را حتی دریك محلول همگن می‌توان عملی‌ساخت‌که اولین مثال‌آن شیرهٔ مخمر بوخنر[1] است.

---

1. Eduard Buchner (۱۸۶۰-۱۹۱۷) بیوشیمیست آلمانی است . از سال ۱۸۸۵ به‌کار تحقیق در پروسه‌های تخمیر پرداخت. تا زمان بوخنر تصور می‌رفت‌که عمل تخمیرفقط به‌کمك

بقیهٔ پاورقی درصفحهٔ بعد

اما کاملا بدیهی است که دراین شکل سازمان هرچه سلسلهٔ متابلیك واکنشهای شیمیایی درازتر باشد سرعتهای آنها دقیقتر هماهنگ می گردد ؛ و مکانیسم کارآمدتری برای اجرای آنها لازم می آید . کاتالیزرهای نسبتاً ساده و غیر اختصاصی که اشکال ابتدایی موجودات زنده دارای آن بودند ، حتی برای هماهنگ ساختن دقیق سرعت ۱۲ واکنش اصلی تخمیر الکلی تقریباً کافی نبودند.

این به اصطلاح کوآنزیمها (CoA , ATP , DPN و غیره) درجریان رشد تکاملی ناگزیر به وسیلهٔ موادی پرتئینی که ازلحاظ فعالیت کاتالیزری قویتر و اختصاصیتر بودند ، یعنی به وسیلهٔ آنزیمها ، تکمیل شدند .

درسلول مخمرقند[1] و بدین‌جهت همچنین در شیرهٔ بوخنر زرادخانه‌ای کامل ازاین کاتالیزرها می‌توان یافت که‌هر کدامشان تنها سرعت یك حلقه زنجیر واکنشها را درتخمیرمیلیونهاوحتی هزاران‌میلیون بار اختصاصاً افزایش می‌دهد. این کاتالیزرهاوضعی را به‌وجود می‌آورند که درآن هرمحصول بینابین ازلحاظ عملی فقط دریك جهت جداًمعین تغییر می کند و بنابراین مسیر کاملا معینی را دنبال می‌نماید. درنمودار تخمیری که دربالا نموده‌شد،

سلولهای مخمر سالم و دست نخورده امکان‌پذیر است . اما بوخنر ثابت کرد (۱۸۹۶) که به‌کمك عصارهٔ سلولهای مخمر نیزمی‌توان تخمیر را صورت داد ـ م.

۱ . مخمرقند به‌یك دسته از میکربهای قارچی گفته می‌شود که عمل آنها تخمیر الکلی مواد قندی است . در میکروبیولوژی آنها را ساکارومیسه Saccharomyce می‌نامند . این مخمرها در طبیعت فراوانند ودرتهیه نان (مخمرنان) ، شراب (مخمرشراب) و آبجو(مخمرآبجو) استفاده بسیاروسیعی ازآنها به‌عمل می‌آید.ـ م.

نام آنزیمهای شرکت کننده در کنار پیکانها داخل پرانتز نوشته شده است وپیکانها سمت واکنشهایی‌را که‌آنزیمهای مزبور کاتالیز می‌کنند ، نشان می‌دهند .

اختصاصی بودن عمل کاتالیزری آنزیمها مبتنی بریك تطابق جالب وضع فضایی دویاچند گروه اتمی فعال است. این ترتیب هم به‌وسیلهٔ توالی جداً معین بازمانده‌های اسیدامینه دررشتهٔ پلی‌پپتیدوهم توسط توالی منظم فضایی و ساختمانی چین‌خوردگی آن در تشکیل گویچهٔ پرتئینی فراهم می‌شود .

این گونه توالیها و ساختمانها البته نمی‌توانستند مستقلا پدیدآیند و بنابراین بعید می‌نماید که پلیمرهای شبه پرتئینی که اساس صورتبندی‌قطره‌های کوچك کوآسرواتها را تشکیل‌می‌دادند، خواص اختصاصی آنزیمهای امروزی را دارا بوده باشند .

تطابق شگفت انگیز ساختمان داخـل ملکولی آنزیمهای کنونی با اعمال بیولوژیك آنها فقط براثرانتخاب‌طبیعی‌می‌توانست پدیدآید .

ماهنوز بسیار دور ازآنیم که‌بتوانیم کاملا به‌جریان‌بیوسنتز آنزیمهای پرتئینی پی‌ببریم . اما همان‌طور که درفصل پیش بیان شد ، می‌دانیم که اقلاسه مقولهٔ مختلف ازمکانیسمهای پرتوپلاسمی باید درتشکیل آنها شرکت‌کنند . این سه مقوله عبارتند از:

۱ ــ دستگاههایی که انرژی برای سنتز تهیه می‌کنند.

۲ ــ دستگاههایی که شرایط سینتیك لازم برای‌آن یعنـی روابط خاص بین سرعتهای واکنشهای مختلف را ایجاد می کنند و بالاخره ،

۳ــ دستگاههایی که سازمان فضایی گویچهٔ پرتئینی تشکیل شده را ایجاد می‌نمایند .

می‌توان‌فرض نمود که‌دومقولهٔ اول، قبلا ، گرچه‌به‌صورت

بسیار ابتدایی، حتی در وجود اشیایی که تمام عالم زنده را به‌وجودآوردند، وجود داشتند. اما آنها نمی‌توانستند ترتیب بسیار دقیق گروههای فعال را که در گویچهٔ پرتئینی برای فعالیت آنزیمی لازم بود، به‌تنهایی تأمین کنند. تکامل تدریجی و اصلاح هردو ساختمان داخل ملکولی و پرملکولی برای این امر ضرورت داشت. (به‌شکل ۸ و ۹ درآخر کتاب مراجعه شود)

یکی ازمهمترین عناصر ساختمانی درسیتوپلاسم سلولی ارگانیسمهای کنونی، توریتهٔ درون پلاسمی (Endoplasmic reticulum) است؛ و آن دستگاه کاملی است ازغشاهای لیپو- پرتئینی که تور بسیار ظریفی درسراسر سیتوپلاسم می‌گسترد و گاهی به‌نام ماده‌بن‌لادی سیتوپلاسم Cytoplasmic matrix (شکل ۸) خوانده می‌شود. روی این غشاها (که درحدود ۷۰ تا ۱۵۰ Å کلفتی دارند)[۱] دانه‌های ریبونوکلئوپرتئین به‌قطر ۱۵۰ تا ۲۰۰ Å وجوددارند. این دانه‌هاممکن است درجسم‌سیتوپلاسم نیزآزادانه شناور باشند. بسیاری ازمصنفان چیزهای دیگری راازسیتوپلاسم سلولهای کبدی‌نیز با استفاده ازنیروی گریز از مرکز باموفقیت جدا کرده‌اند اینها که میکروسومهایی هستند با صورتبندیهایی به قطر ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ Å، برطبق آگاهیهای‌مطبوعات علمی، هنگامی که اسیدهای امینهٔ فعال شده به آنها رسانیده شوند، کانون سنتزپرتئینها (بخصوص پرتئینهای آنزیمی) می‌گردند (شکل ۹).

---

۱. واحد آنگسترم (Angstrom unit) که با علامت (Å) نشان داده می‌شود، یك واحد طول است به‌طول $\frac{۱}{۱۰،۰۰۰}$ میکرون‌یا $\frac{۱}{۱۰۰،۰۰۰،۰۰۰}$ سانتیمتر. آنگسترم نام فیزیکدان معروف‌سوئدی (۱۸۱۴-۱۸۷۴) است.

با وجود این همین اواخر گ. پالاد G.palade نشان داد که میکروسومها به احتمال زیاد چیزهای ساختگی (بر اثر مرگ سلول یا تأثیر معرفها و مواد آزمایشی شیمیایی ــ م.) حباب مانندند. این حبابها را غشایی از جنس لیپوپرتئین می‌پوشاند که بر اثر تخریب تورینهٔ دورن پلاسمی تولید می‌شود وحامل دانه‌های ریبونوکلئوپرتئین است. پالاد عقیده دارد که غشاهای درون پلاسمی تورینه را باید روسازیهایی دانست که فقط هنگامی پدید آمدند که اجسام زنده به سطح بسیار عالی تکاملی رسیده بودند. آنها نباید در سیتوپلاسم باکتریها یافته شوند و ظاهراً برای سازمانبندی و انجام اعمال انواع ساده‌تر سلولها ضرور نیستند. پالاد پدید آمدن آنها را در ارگانیسمهای عالیتر به‌حجم بیشتر سلولهایشان، و به‌سطح کوچکتر شدهٔ قابل استفاده برای عبور مواد به داخل سلولهای مزبور، و نیز به افزایش دشواری انتشار که از این عوامل ناشی می‌شود، نسبت می‌دهد. در سطح عالی سازمان عالی بیولوژیك، این دشواریها از راه چین‌خوردن غشای خارجی که در این صورت تورینه رامی‌سازد، برطرف می‌شوند.

بدین‌سان به‌نظر می‌رسد که ابتداییترین عناصر ساختمانی داخل سیتوپلاسمی، دانه‌های ریبونوکلئوپرتئین باشند که اندازهٔ آنها نمی‌تواند به‌بیش از ۱۴ ملکول پرتئین باوزن متوسط ملکولی ۳۵۰۰۰ برسد. این قبیل دانه‌ها را از باکتریها هم مجزا کرده‌اند، اما خود دانه‌ها به‌تنهایی نمی‌توانند پرتئین‌سنتز کنند. این امر شاید بدین علت باشد که دانه‌های مزبور باید به غشای لیپوپرتئین متصل باشند.

ماقبلا تذکر دادیم که یك چنین پوششی می‌بایست نخستین شرط لازم برای تشکیل هرسیستم بازی بوده باشد که توانست نقطهٔ

شروعی برای تکامل تدریجی بیولوژیك گردد . اگر بهعنوان‌تنها دلیل، گفته مناسب والد G.Wald را به یاد بیاوریم کـه «تشکیل اقسام گوناگون تـرکیبهای پیچیدهٔ بین ملکولی مـوجب ایجاد امکان قابل‌ملاحظه‌ای‌برای تجزیهٔواکنشی‌داخل ملکولی‌می‌شود»، شرایط برای تشکیل پلیمرهای مختلف در قطره‌های‌کوآسرواتی که دارای چنین غشایی بودند ، به مراتب مساعدتر بود تـا در محیط خارج .

در سیستمهای باز با سازمان عالیتر موجودات اصلی‌بسیار ابتدایی فوق‌الذکر که درآنها پروسه‌های اکسیدی احیایی‌پیوسته صورت می‌گرفت ومنابع انرژی (ATP) برای استفادهٔ آنهامیسر بود، امکانات توسعهٔ سنتزپلیمرهای پرتئین مانند و اسیدنوکلئیك مانند به میزان‌بسیار زیادی افزایش یافت . این امر طبعاًموجب شدکه‌کمپلکسهای چنین پلیمرهایی به شکل صورتبندیهای غیرـ محلولی ازتودهٔ عمومی مـواد جدا شوند و به نوبهٔ خود مـانع برقراری تعادل میان تجزیه و ترکیب پلیمرها گردند و بـدین جهت پروسه‌های سنتز را تقویت نمایند .

به سادگی می‌توان تصورکردکه این امر در مرحلهٔبسیار متقدمی ازتکامل حیات، اساس تشکیل‌دانه‌های شبه‌نوکلئوپرتئینی در اجسام زندهٔ ابتدایی بوده است . این دانه‌ها شاید بـه اتفاق غشاهای سطحی‌لیپوپرتئینی‌که از پیش‌وجود داشتند ــ همان‌طور که‌نشان‌دادیم ــ نمونه‌های اولیهٔ سیستمهایی بوده باشندکه‌اکنون موجب سنتز ذرات پرتئین دارای ترتیب سه‌بعدی وتوالی معینی از اسیدهای‌امینه می‌گردند . در این باره نقش‌مهم توسط‌سازمان چند ملکولی ساختمان دانه و نیز به وسیلهٔ نظم درون ملکولی اسیدریبونوکلئیك که در ترکیب دانه داخل می‌شود ، ایفا شـده است . اما نباید تصورکردکه ناگهان در سیستمهای ابتدایـی ،

ملکولی از جنس اسیدریبونوکلئیك پدید آمد و این ملکول آن وقت دارای ساختمانی چنان متکامل بودکه به تنهایی و در زمینهٔ عمومی پروسه‌های سنتز که درداخل سیستم ادامه‌داشتند، می‌توانست منشأ پرتئینی باشد با ساختمانی مخصوص که از لحاظ گروهبندی اتمی چنان ترتیبی داردکه مثلا صفت ویژهٔ آلدولاز مخمرقندیـا هرآنزیم مخصوص دیگراست. ساختمان خود ابتداییترین دانه‌ها و ملکولهای سازندهٔ آنها بسیار غیراختصاصی و بسیار متغیر بود و بـا انجام اعمال بیولوژیك تطابـق ضعیفی داشت . یکی دانستن طرز توزیع گروهبندیهای اتمی در مادهٔ پرتئین مانندی که در ابتدای امرکاتالیزر هکزوزدی فسفات بـود ، با ترتیب بسیار دقیق مراکز فعال درون آلدولازکنونی همان قدر مشکل است که مثلا باله‌های کوسه راکه ساختمانشان فقط برای یك‌شکل ابتدایی حرکت مناسب است بـا بازوان متکامـل انسان همسان نمایند .

بعیداست که سازمان متابلیسم ارگانیسمهای اولیه‌باسازمان متابلیسم کنونی یکی بوده بـاشد . واکنشهای متابلیك آن زمان نسبت به‌حالا به‌میزان غیرقابل قیاسی کندتر صورت می‌گرفتند و هماهنگی میان تك تك آنها بسیارکم بـود . در کنار خط اصلی پروسه‌های حیاتی واکنشهای جنبی‌بسیاری وجود داشت؛ به‌طوری که مقدار زیادی ازمواد غذایی به‌هدر می‌رفت و درصد زیادی از انرژی‌آن به‌صورت‌گرما رها می‌شد. اما در پروسهٔ تأثیر متقابل ارگانیسم ومحیط آن، وبراثرعمل مداوم انتخاب طبیعی درصدها میلیون سال ، هم خود سیستم زنده و هم تك تك مکانیسمهای آن به‌حالت عالیتری ازکمال رسیدند . بویژه پرتئینهای آنزیمی و پروسه‌هایی که در سنتز آنها دخالت داشتندکارآمدتر شدند و با اعمال بیولوژیك تطابق بهتر وبازهم بهتری پیداکردند .

باید با اطمینان خاطر به‌یاد داشت که در طی دورهٔ تکامل تدریجی ازکاتالیزرهای پرتئین مانند ابتدایی تا آنزیمهای دارای ساختمان فوق‌العاده دقیق، آن‌عده ازانواع سازمانبندی که‌آزمایش شدند و حذف گردیدند مسلماً هیچ‌کمتر از آنهایی نبودند که در جریان‌پیداشدن وتکامل دست‌انسان صورت گرفتند وشایدهم بیشتر بوده باشند .

اکثریت این انواع سازمانبندی به‌طورنابرگشتنی ازمیان رفتند. زیرا بسیار پیش ازآنکه سازمان درونی حتی‌ابتداییترین موجودات زندهٔ معاصر به‌وجودآیند، تکامل آنها به‌طورعمده‌خاتمه یافته بود. بنابراین، مافقط می‌توانیم آنزیمهای دارای‌ساختمان بسیارمتکامل‌را ازارگانیسمهای معاصرمجزاکنیم. اما، پرتئینهایی که عیناً یك‌جورعمل‌آنزیمی درافراد مختلف طبیعت زندهٔامروزی انجام می‌دهند، ازلحاظ ماهیت‌شیمیایی به‌میزان وسیعی باهم فرق دارند . امیلازباکتریها همانند امیلازگیاهان عالی نیست وفسفو-استرازگویچه‌های سفیدخون‌پروتئینی‌است که بافسفواسترازمخمر قندکاملا فرق دارد . می‌توان امیدوار شدکه بابررسی عمیقتراین جنبهٔ امورخواهیم توانست پدیدهٔ اصلاح آنزیمها را درطی‌تکامل تدریجی ، هرچندکه مربـوط به‌مراحل بعدی تکامل می‌شود ، تحقیق نماییم .

اکنون فقط می‌توانیم به‌این واقعیت‌بسیارمهم توجه‌کنیم‌که شماره‌کاتالیزرهای اصلی و ابتدایی اجسام زنده ــ کوآنزیمها ــ درمقایسه باعدهٔ مکانیسمها (آنزیمها)یی‌که درمرحلهٔ عالیترتکامل مادهٔ زنده تکمیلشان‌کرده‌اند ، کاملا ناچیزبود . تنها پیداشدن و تکامل بعدی این‌آنزیمهاست‌که تثبیت سلسله‌های دراز واکنشهای متابلیك‌بسیارهماهنگ را امکان‌پذیرساخت. واضح است‌که سیستم واکنشهایی‌که مجموعاً ، پایه بیوشیمی تخمیر الکلی و لاکتیك را

تشکیل می‌دهند ، درمرحلهٔ نسبتاً ابتدایی تکامل تدریجی اجسام زنده به‌وجودآمد. دلیل این انتشار فوق‌العاده واکنشهای مزبور این واقعیت است که آنها جزء لازم متابلیسم مظاهر بسیار متنوع جهان زنده را تشکیل می‌دهند . روشن است که این سیستم باید ازلحاظ زیست‌شناسی بسیار مؤثر باشد؛ زیرا بیش از یك میلیارد سال پیش درارگانیسمهای نسبتاً ابتدایی برقرارشد ودرتمام طول دوران تکامل مادهٔ زنده پابرجا ماند و حتی درمتابلیسم گیاهان و جانوران عالی امروزی ابقاشد. بخش بسیارمنتشرشدهٔ این‌سلسله، قسمت ابتداییتر آن است که در سراسرجهان زنده عیناً یکی است. فقط در آخرین مرحله است که انشعاب پیش می‌آید و به تشکیل الکل و دی اکسیدکربن در گیاهان و اسید لاکتیك درجانوران منجر می‌شود .

این دوقسم تجزیهٔ بی‌هوازی هیدراتهای کربن‌راههای‌اساسی رشد تکاملی متابلیسم انهدامی رادرشاخه‌های اصلی «درخت‌حیات» تشکیل دادند . البته ، بسیاری از انواع کم و بیش کارآمد بایستی درجریان تکامل آنها پدیدآمده باشند . بسیاری از اینها بایستی تماماً براثر انتخاب طبیعی ریشه‌کن شده بـه‌طور نابرگشتنی از میان رفته باشند و بقیه به‌عکس محفوظ مانده‌اند . اما اینها فقط شاخه‌های فرعی نازکی هستند که ازشاخه‌های اصلی«درخت‌حیات» منشأ گرفته وبه‌ما رسیده‌اند. بنابراین ، اکنون می‌توانیم تعداد زیادی از اقسام مختلف تخمیر بی‌هوازی را بیابیم . اما یکایك آنها به گروه نسبتاً محدودی ازارگانیسمهای پست منحصرمی‌شوند. حتی اینجا هم ، در اکثریت بزرگ موارد ، نخستین حلقه‌هـای اتصالی سلسله واکنشها عیناً همانهایی هستند که در تخمیر الکلی یالاکتیك می‌یابیم وتنهاپس ازتشکیل اسیدپیروویك است که‌راهها منشعب‌می‌شوند. این‌امرمسلماً دلیل براین‌است که همهٔ این‌تخمیرها

منشأ مشترکی داشته‌اند وروی تنهٔ مشترك واحدی روییده‌اند .

شکل (۱۰) نمودار تباعد خط سیر واکنشها را به‌اشکال مختلف تخمیر بی‌هوازی نشان می‌دهدکه از اسیدپیروویك شروع می‌شود. این‌ماده‌توسط رشته واکنشهایی‌تشکیل‌می‌شودکه درشکل (۷) راجع به‌تخمیر الکلی شرح داده شد .

بررسی این نمودار نشان می‌دهدکه برطبق نوع تخمیری که صورت می گیرد ، ممکن است محصولاتی غیرازالکل‌اتیلیك، دی اکسیدکربن واسید لاکتیك ، مخصوصاً‌محصولاتی مانند اسید فرمیك، اسید استیك ، اسید پروپیونیك، اسید سوکسینیك، اسید بوتیریك و دیگر اسیدهای چرب سنگینتر و الکلهای پروپیل و بوتیل و دی متیل‌کربینول، استن، هیدروژن‌گازی وغیره تولید شوند. ویژگی این‌گروه متنوع تخمیرهادراین است‌که باضمیمه شدن واکنشهای «مکمل» بسیارمعدود وهمیشه‌به‌کمك مکانیسمهای کاتالیزری‌که به‌همدیگر شباهت بسیار دارند ، تحقق می‌یابند . تمام قضایا فقط به‌تنوع ترکیب همان رشته رویدادهـای شیمیایی منجر می گردد .

البته ، نه‌تخمیرالکلی ، نه‌تخمیرلاکتیك و نه‌هیچ یك از تخمیرهای بی‌هوازی دیگر راکه قبلا ذکر شدند ، نباید به‌مثابهٔ اقسام‌پروسه‌های انهدامی‌مجزا تلقی‌کرد . همهٔ پروسه‌های‌مزبور با واکنشهای ترکیبی متابلیسم ساختمانی اتحاد محکمی دارندو انرژی و مواد ساختمانی‌مربوطه را برای آنها فراهم می‌کنند. مثلا اسید پیرووپك‌که درهمهٔ اقسام تخمیر موقعیت کلیدی دارد ، باآمونیاك و هیدروژنی‌که پیریدین نوکلئوتید حامل آن است به آسانی می‌تواند ترکیب شود ویکی از مهمترین اسیدهای امینه ، یعنی الانین را تولید نماید .

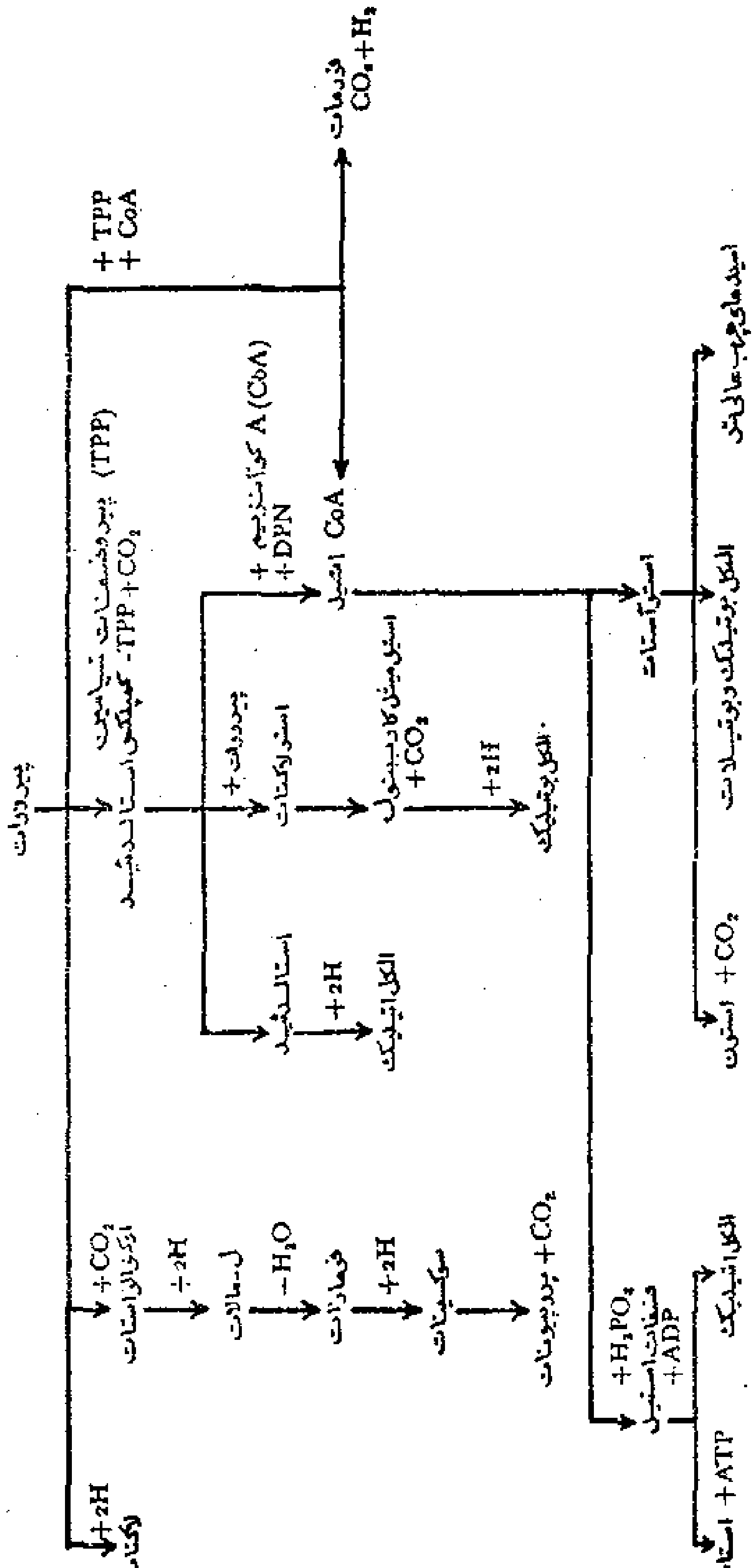


FIGURE 10

(شکل ۱۰)

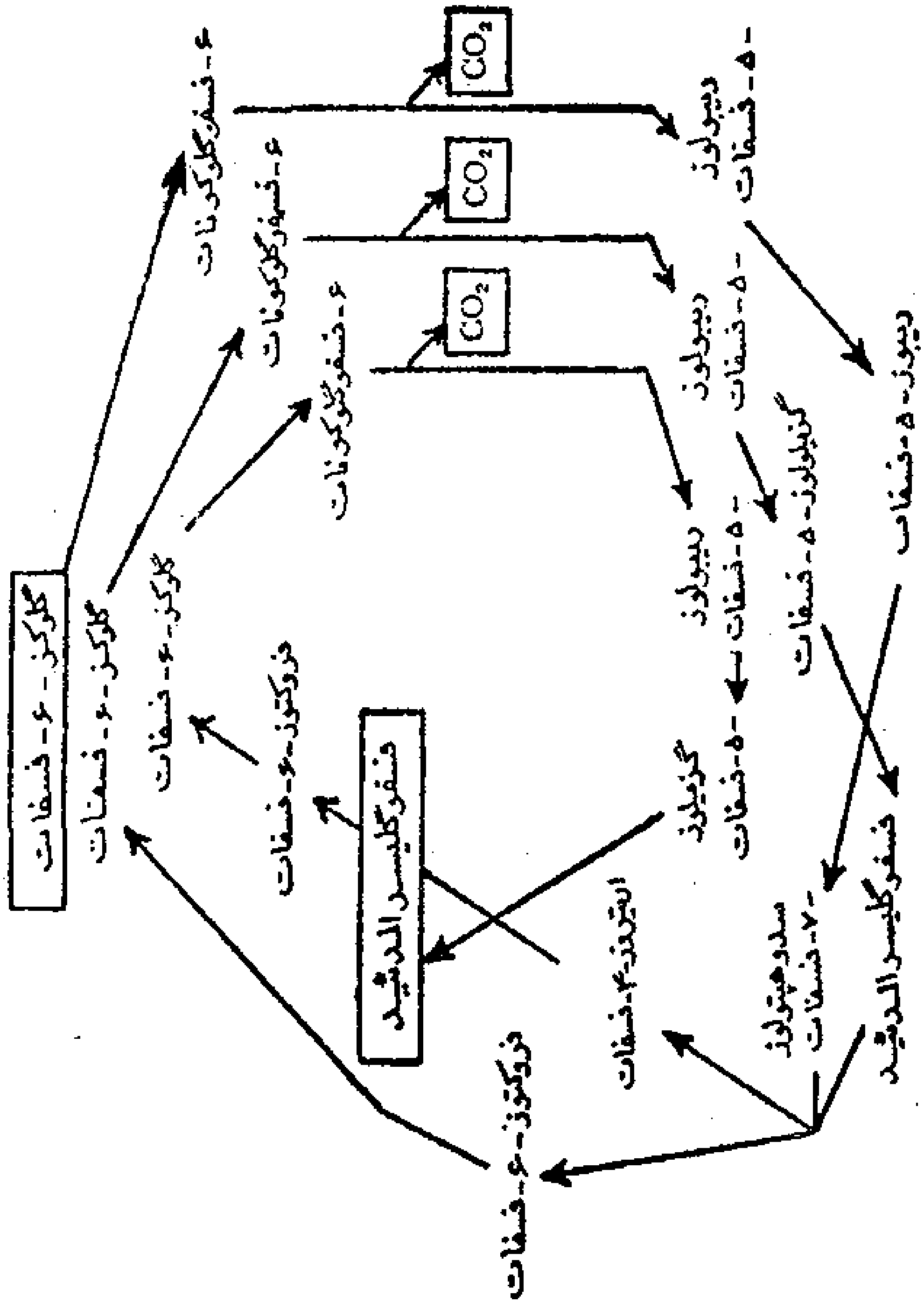
اسیدپیروویك + NH_3 + $DPN \cdot H_2$ ← الانین + DPN + H_2O

اسیدهای ستو دیگر بههمین طریق تأثیر می کنند. قطعات ملکولهایی که بهصورت محصولات بینابین تخمیر پدید می‌آیند ، می‌توانند روی‌هم‌جمع شوندو به کمك CoA و نظایر آن رشته‌های بازدرازوملکولهای‌حلقوی (Aromatic) یاهتروسیکلیك مسدودی را بسازند .

هرچه هماهنگی زمانی واکنشها دریك قسم معین متابلیسم بهتر باشد ، انرژی درآن کمتر بههدر می‌رود ونسبت‌مواد غذایی که برای ساختمان اجزای ترکیبی سیستم بـه‌کار رفته‌اند بیشتر می‌شود ، و درتحلیل آخر ، ازلحاظ بیولوژیك کارآمدتر و از نظرگاه تکامل مترقی‌تر می گردد .

اما راههای متابلیك بسیار بههم بسته‌ای که قبلا مورد بحث واقع شد ، البته تنها خط سیرهایی نیستندکه درشرایط وجودی اتمسفر احیاکننده و هیدروسفر دوران مورد بررسی ما از تکامل برروی زمین امکان پذیربوده باشند. در ارگانیسمهای معاصر شق دیگری ازاسباب استحالهٔ مـوادرا می‌توانیم بیابیم . هـ . کربس H. Krebs و هـ . کرنبرگ H. kornberg عقیده دارندکه سیکل پنتوز فسفات یك چنین وسیله‌ای است . شکل (۱۱) نمودار این استحاله است که ازکتاب آنان گرفته شده است .

دراین سیکل برخلاف اشکال تخمیری که قبلا مورد بحث واقع شدند ، ملکولهای قند که متحمل فسفریلاسیون می‌شوند ، هیچ‌گاه بهدو ملکول فسفات تریوزتجزیه نمی‌شوند. اماگلوکز ۶ـ فسفات بلافاصله پس ازتشکیل، متحمل‌اکسیداسیون بی‌هوازی می‌گردد و CO_2 از اسید فسفوگلوکونیك جدا شده به تشکیل یك مشتق فسفو ، از یك پنتوز، منجر می‌شود. مخصوصاً این راه در ساختن نوکلئوتیدها و ریبوز مربوط بهاسید نوکلئیك بسیار


گلوکز-۶-فسفات
گلوکز-۶-فسفات
گلوکز-۶-فسفات
۶-فسفوگلوکونات
۶-فسفوگلوکونات
۶-فسفوگلوکونات
CO_2
CO_2
CO_2
ریبولوز ۵-فسفات
ریبولوز ۵-فسفات
ریبولوز ۵-فسفات
ریبوز-۵-فسفات
زایلولوز-۵-فسفات
زایلولوز ۵-فسفات
فروکتوز-۶-فسفات
فسفوگلیسرالدئید
اریتروز-۴-فسفات
سدوهپتولوز ۷-فسفات
فسفوگلیسرالدئید
فروکتوز-۶-فسفات

(شکل ۱۱)

مهم است .

سیکل پنتوز فسفات یك‌شکل متابلیسم هیدرات کربن است با انتشاری به‌مراتب محدودتر ازتخمیر الکلی یالاکتیك .

فقط در عدهٔ معدودی از موجودات ذره‌بینی است که این سیکل روش اصلی تجزیهٔ هیدراتهای کربن را تشکیل می‌دهد . این روش دراکثریت ارگانیسمهای مزبور اشکال معمولی تخمیر را فقط تکمیل می کند . همان طور که به وسیلهٔ آزمایشهایی که با گلوگز نشاندار رادیواکتیو نشان داده شده است ، تنها قسمت کوچکی از ملکول قند است که براثر سیکل پنتوز فسفات جدا می‌شود وروشن است که اهمیت عمدهٔ آن در تشکیل ریبوز نهفته است .

می‌توان تصور کرد سیکل پنتوز فسفات حتی دیرتر ازاقسام اصلی تخمیر به‌وجود آمده‌است. کربس وکرنبرگ می نویسند : «بسیار محتمل است که قدیمترین ارگانیسمها ، از آن بی نیاز بوده باشند ...» واقعیتی که دلالت برمتأخرتر بودن منشأ سیکل مزبور می کند ، آن است که این سیکل شامل واکنشهای اساسی تخمیر درجنب بعضی ازواکنشهای نوپدیداست . علاوه براین ، به‌موجب مطالبی که بعداً گفته خواهدشد ، این تذکرمهم است که واکنشهایی که درسیکل پنتوز فسفات رخ می‌دهد ، در پروسهٔ فتوسنتز حائز اهمیت برجسته‌ای است[1].

بسیاری از اشکال متابلیسم که دربارهٔ آنها بحث کرده‌ایم گروه گوناگون مسیرهایی را نشان می‌دهند که تکامل تدریجی ارگانیسمها حتی در شرایط عدم وجود اکسیژن آزاد در محیط

---

۱. بعضی ازمصنفان برخلاف کربس وکرنبرگ حتی عقیده دارند که سیکل پنتوز فسفات ممکن است فقط در همان زمان پیدا شدن فتوسنتز وشاید حتی دیرتر پدیدآمده باشد .

خارج ، اما با بودن مواد آلی ساخته آماده ، یعنی در شرایط هتروترفی بی‌هوازی دنبال کرده است .

ذخایر موادآلی «آبگوشت غذایی زمین» همواره به‌وسیلهٔ واکنشهای سنتز بی‌زیست خاسته‌تجدید می گردید، اما این‌پروسه کند بود و با پیدا شدن و تکامل حیات بـرای برآورده کردن نیازمندیهای غذایی موجودات زندهٔ ابتدایی، بیش از پیش غیر- کافی شد . در نتیجهٔ این امر ، انبارهای ذخایر می‌بایست تهی می گردیدند واگر حیات فقط در امتداد خطوطی تکامل می‌یافت که مورد بحث قرار دادیم ، ذخایر موادآلی دیریا زود تماماًاز بین می‌رفت .

بعضی ازمصنفان معاصر عقیده دارندکه این امر درجریان چند هزارسال باسرعت بسیار ، پیش‌آمده است . ولی‌محاسبه‌های آنها براساس سوء فهم‌آشکاری مبتنی است . البته اگر می‌شد که «آبگوشت‌زمین» به‌طریقی‌باتخم موجودات ذره‌بینی معاصر کشت شودکه درآن بتوانند بی‌مانع و به میزانی نامحدود تکثیریابند ، آن‌وقت با اجازهٔ شما ، برای انهدام‌کامل ذخایر مواد آلی چند هزار سال بسیار زیاد می‌بود . اما نباید فراموش کرد که سرعت شگفت‌انگیز اعمال حیاتی در ارگانیسمهای معاصر نتیجهٔ اصلاح متابلیسم است که مدت دو میلیارد سال طول کشیده است . ولی واکنشهای مزبور در موجودات اولیه میلیونها بار کندتر از استحاله‌های‌آنزیمی معلوم‌کنونی صورت می‌گرفتند . تا وقتی که ارگانیسمهاازراه تکامل تدریجی به‌سطح قابل‌ملاحظه‌ای ازکارآیی نرسیده‌بودند، باهیچ تهدید واقعی‌کمبود موادآلی‌مزبور که تنها منابع قابل استفاده تغذیهٔ آنها بود مواجه نشدند .

این امر موجب‌تشدید فوق‌العادهٔ مبارزه به‌خاطر بقا گشت ودر تکامل تدریجی بعدی موجودات‌زندهٔ ابتدایی عاملی نیرومند

شد . ارگانیسمهای مزبور در جریان تکامل خود به برقراری سیستمهای تازه به‌تازه‌ای مبادرت کردند که آنها را قادرمی‌ساخت که نه‌فقط ازمواد آلی برون خاسته عاقلانه استفاده کنند ، بلکه علاوه براستفاده از منابع انرژی آزادی که به میزانی وسیع در ملأ خارج فراهم می‌شد ، ازترکیبات کربنی دیگر وساده‌ترنیز تغذیه نمایند .

واکنشهای فتوشیمیایی

تشعشع خورشید پرتوانترین وفرسایش ناپذیرترین منبع انرژی سطح زمین است . همان‌طورکه قبلا دیدیم ، پیش ازپیدا شدن حیات ، عمدهٔفعالیتهای فتوشیمیایی روی زمین به‌وسیلهٔاشعهٔ موج کوتاه ماورای‌بنفش فراهم می‌شد . اما تکامل حیات بااستفاده از اشعهٔ موج بلند پیشرفت نمود وآشکار است که این اشعه برای موجودات زنده قابل استفاده‌تر است .

از مدتها پیش ثابت شده است که انرژی نور مرئی براثر وجود رنگدانه هایی آلی که قابلیت جذب نور دارند می‌توانند درعملی شدن پروسه‌های اکسیدی‌احیایی‌مورد استفاده واقع‌شود. برطبق‌نظر ا . ترنین A.Terenin هنگامی که‌یك ملکول‌رنگدانه نور را جذب می‌کند یك حالت دو بنیانی (Biradical) به‌خود می‌گیرد و نیروی واکنشی زیادکسب می‌نماید که بنیانها را قادر می‌سازد که یك‌الکترون یایك یون هیدروژن جذب کنند یاازدست بدهند وبدین‌ترتیب پروسه‌های‌اکسیدی‌احیایی‌را به‌انجام‌برسانند که درتاریکی به‌خودی خود و بدون افزوده شدن انرژی به‌شکل نورصورت نمی‌گیرند .

پرفیرینها‌توانستند نقش‌رنگدانه‌های مزبوررا درارگانیسمها ایفا نمایند . ظهوراین ترکیبات درمیان اجزای ترکیبی‌اجسام

زنده بایستی دریك مرحلهٔ نسبتاً ابتدایی تکامل آنها صورت گرفته باشد . ازاین حیث ، شاید مواد مزبور باکوآنزیمهای پیریدین نوکلئوتید وتیامین پیروفسفات که قبلادربارهشان بحث شد ، قابل مقایسه باشند . ترکیبات پرفیرینها باآهن درجهان زندهٔ امروز انتشاری بسیار وسیع دارند که مثال پرآوازهٔ آن رنگدانه قرمز خون مابه‌نام همین Haemin است .

درجانورانی که تنفس‌می‌کنند ، ترکیبات‌آهن باپرفیرینها در واکنشهای اکسیدکننده‌ای که اکسیژن آزاد در آنها شرکت می‌کند نقشی بسیار مهم برعهده دارند . اما بسیار پیش از آنکه مقادیر زیادی از اکسیژن آزاد در اتمسفر زمین پیدا شود ، این ترکیبات دراجسام زنده پدیدآمده بودند . بدین جهت حتی در بی‌هوازیهای نمونــه‌ای همچون دسولفوویبریــو دسولفوریکنها (Desulfovibrio Desulfuricans) ممکن‌است یافته شوند .

همهٔاین‌پروسه‌ها ممکن‌است درتاریکی به‌نحورضایت‌بخشی صورت گیرند ؛ زیرا هنوزازیك خاصیت مهم پرفیرینها که‌به‌رنگ آنها، یعنی به‌قدرت جذب‌نورمربوط‌است هیچ‌استفاده‌ای نمی‌شود.

اما برخلاف ترکیبات‌آهن وپرفیرین ، پرفیرینهای‌آزاد ومخصوصاً ، ترکیبات پیچیدهٔ‌پرفیرینهای‌بامنیزیم که در تاریکی هیچ قدرت کاتالیزری معمولی ندارند ، می‌توانند تأثیرات فتو-کالیزری داشته باشند (یعنی‌براثرتابش نورقدرت عمل‌کاتالیزری پیدا کنند) . مکانیسمی که تــرکیبات آهن-پــرفیرین را در پروسه‌های‌کاتالیزری بیولوژیك مهم‌شرکت می‌دهد مبتنی‌براساس اکسیداسیون احیای قابل برگشت اتم آهن مرکزی است‌که در تاریکی‌صورت‌می‌گیرد. تحقیقات‌ا . کراسنوسکی‌AKrasnovski وهمکارانش‌نشان داده‌است‌که ترکیبات پرفیرینها بامنیزیم ، یعنی باکتریوکلروفیل و کلروفیل‌گیاهان عالی ، علاوه بر پرفیرینهای

بدون فلزی از قبیل هماتوپرفیرین ، فقط موقعی که به‌قدر کافی کوانتوم نورجذب می‌کنند ممکن است (با گرفتن یك الکترون یا هیدروژن) به‌نحو برگشت پذیر احیا شوند . در این صورت انتقال فتوکاتالیزری یك الکترون یاهیدروژن پیش‌می‌آیدکه‌باید آن‌را از بعضی از اعمال کاتالیزری از قبیل‌آنچه ممکن است در تاریکی اتفاق بیفتد ، تمیزداد . این امر منجر به‌ارتقای سطح انرژی محصولات‌واکنش نوری Photoreaction می‌شود.قسمتی از انرژی جذب‌شده گویی به‌شکل پرتحرکی‌که به‌آسانی‌می‌توان آن‌را به‌کار برد ، «ذخیره» می‌گردد .

درآغاز عمرحیات ، هنگامی‌که ترکیبات ابتدایی‌آلی در محیط فراوان بود ، نوراهمیت قاطعی به‌عنوان یك منبع انرژی نمی‌توانست داشت . اما زمانی‌که زوال مواد آلی ساخته آماده شروع شد ، وهنگامی‌که کاهش مواد مزبور در محلول پیرامون روزافزون گردید ، ارگانیسمهایی که وضعیتشان طوری بود که می‌توانستند از پرفیرینهای خود نه‌تنها برای کاتالیز کردن واکنشهایی‌که درتاریکی‌صورت‌می‌گیرند ، بلکه‌همچنین‌به‌عنوان فتوکاتالیزر استفاده نمایند ، درمبارزه به‌خاطرحیات ازامتیازات بیشتروبازهم بیشتری برخوردارشدند . بدین‌ترتیب‌آنها توانایی استفاده ازنور را به‌عنوان یك‌منبع تکمیلی انرژی‌کسب نمودند. اولین تأثیری‌که این امر داشت این بود که نخستین موجودات رنگین قادر به‌موازنهٔ اساسی و حسابی متابلیسم هتروترفیك خود و به‌کار بردن بسیار مؤثرتر مواد آلی برون خاسته در متابلیسم مزبورشدند ؛ بی‌آنکه متحمل طرحبندی مجدد مهمی درسازمان قبلیشان گردند .

هتروترفهای معمولی مجبور بودندکه نسبت‌درصدبزرگی از مواد آلی را که ازملأ خارج به دست می‌آورند ، به محصولات زایدی همچون الکل و اسیدهای آلی و غیره

تبدیل کنند که‌دیگر برایشان قابل استفاده نبودند. برعکس آنها، نخستین موجودات رنگین انرژی «مفت» نور را برای مصرف کردن مواد مزبور درمتابلیسم به‌کار بردند واین امر آنها را از اتلاف غیر منطقی مـواد آلی بـرون خـاسته بی‌نیاز ساخت . واکنشهای فتوشیمیایی در اصل به‌خاطر این بود نه برای سنتز مقدماتی مواد آلی .

مامی‌توانیم بابررسی‌متابلیسم باکتریهای‌رنگدانه‌دارمعاصر بویژه آتیوروداسه Athiorhodaceae به‌این مطلب پی‌ببریم . از لحاظ عینی ، وقتی‌انسان موازنه همه‌جانبه را ملحوظ‌می‌دارد، متابلیسم این باکتریها ازنوع هتروترف معمولی است .آنها در روشنایی و تحت شرایط بی‌هوازیست می‌تـوانند آزادانه روی محلولهایی رشد نمایند که باید محتوی مواد آلی (مانند اسیدـ بوتیریك یاترکیبات مشابهٔ دیگر) باشند. همان‌قدرکه جرم‌کشت باکتری افزایش می‌یابد ، به‌همان نسبت هم‌مقدار موادآلی‌برون خاسته ملأ پیرامون‌کاهش‌می‌یابد ، درعین حال ، باکتریهامقدار کمی دی‌اکسیدکربن به‌داخل‌اتمسفردفع می‌نمایند. (به‌شکل۱۲ درآخرکتاب مراجعه شود)

با وجود این ، مکانیسمهای بیوشیمیایی درونی‌آنها بسیار پیچیده‌تر است .آنها مانند ارگانیسمهای دیگری‌که CoA‌دارند، می‌توانند دی‌اکسیدکربن‌اتمسفررا تثبیت‌کنند . اما باکتریهای آتیوروداسه پس ازآنکه رنگـدانـه‌هــا نور را جذب‌کردند ، با استفاده از انرژی افزایش یافته ، یك نقل مکان فتوکاتالیزری هیدروژن ایجاد کرده ودی‌اکسیدکربن را احیا وموادآلی‌برون خاسته را اکسید می‌کنند . بنابراین باکتریهای مزبور مجبور نیستندکه مانند هتروترفهای دیگر موادزاید غیرقابل استفاده‌ای تولیدکنند.آتیوروداسه‌ها برای ساختن‌جسم خود نزدیك به‌تمام مواد آلی مصرفی (۹۰ درصد یا بیشتر) را مورد استفاده قرار

می‌دهند ؛ درصورتی‌که درهترو‌ترفهای معمولی (آنها که از نور استفاده نمی‌کنند) مادهٔ زاید غیرقابل استفاده، قسمت عمدهٔ ماده غذایی را تشکیل می‌دهد .

باکتریهای رنگدانه‌دار دیگر ، متابلیسم خود را به‌همان شیوهٔ آتیورو‌داسه‌ها صورت می‌دهند . ولی درآنها منبع (دهنده) هیدروژن برای احیای دی‌اکسیدکربن ماده آلی نیست ، بلکه هیدروژن سولفوره است . این امر را مطالعات بسیار جالب وان‌نیل C.Van Niel راجع به‌باکتریهای گوگردی سبز و ارغوانی (تیورو‌داسه) نشان داده‌است . این باکتریها درخورهای کم‌عمق وجاهای مردابی‌نزدیك‌کرانه‌دریا که‌سرشار ازهیدروژن است وبانورآفتاب به‌خوبی روشن می‌گردد ، زندگی می‌کنند .

همهٔ این ارگانیسمهای ابتدایی رنگدانه‌دار دارای یك نوع مکانیسمهایی‌اندکه‌آنها را قادر می‌سازدکه با مصرف‌کردن نور جذب شده ، انتقال فتوشیمیایی وقابل برگشت یك‌الکترون یا هیدروژن را عملی سازند . اما آنها فقط می‌توانند میسرترین مواد احیاکننده ، ازقبیل ترکیبات آلی ، هیدروژن سولفوره ، هیدروژن ملکولی و غیره را به عنوان منابع اصلی هیدروژن خویش مورد استفاده قرار دهند .

پروسهٔ تکامل مترقی ارگانیسمهای فتوسنتزکننده درجهت قادر ساختن آنها به‌استفاده ازگروه به‌مراتب وسیعتری از مواد دهندهٔ هیدروژن پیش‌رفت .

این خطسیر تکاملی ناگزیر منجر به‌واکنشهای سنتزی گردیدکه درآنها «دشوارترین» وهمچنین «پادرمیانترین» مادهٔ دهندهٔ هیدروژن ، یعنی آب ، شرکت داشت . آن وقت بود که اکسیژن‌آب به‌صورت ملکولی‌آزاد شد .

بعضی از ارگانیسمهای کنونی از این لحاظ جالبند که مشخصات متابلیك یك سازمان ابتداییتر اعمال فتوسنتز را حفظ

کرده‌اند ، ولی قابلیت رهانمودن اکسیژن ملکولی حتی آنها را هم معمولا مشخص می‌سازد . چنین می‌نماید که آنها حلقه‌های بینابین موجودات ابتدایی دارای قدرت فتوسنتز وفتواتوترفهای بسیار سازمندکنونی‌اند .

یك چنین ارگانیسم خاصی ، جلبك سبز سندسموس ــ Scendesmus است که متابلیسم آن را از این حیث گافرون H.Gaffron بەتفصیل بررسی‌کرده است .

فتوسنتز

بااین حال می‌توان هیچ شك نداشت که فتوسنتز بەصورتی که اکنون درگیاهان عالی می‌بینیم ، گذرگاه اصلی تکامل اتوترفی بود . استفاده از آب ، بەعنوان یك هیدروژن دهنده ، بەوسیلهٔ موجودات‌فتوسنتزکننده گام بزرگی‌بەجلو در راه تکامل سیستمهای بیوشیمیایی‌بود . سیستمهای‌مزبور مرحلهٔ نوری‌پروسهٔ فتوسنتز را بەسیکلهای واکنشهایی متصل ساختند که بەاحیای مرحله بەمرحلهٔ دی‌اکسیدکربن وتولید اکسیژن ملکولی‌منجر گردید .

اما این امر بەتکامل تدریجی ممتد موجوداتی نیاز داشت که قبلا رشد کاملا عالی یافته و دارای زرادخانه‌ای بزرگ از مکانیسمهای متابلیك شده بودند . علم بەدستگاه فتوسنتز گیاهان کنونی مارا متقاعد می‌سازد که این امر می‌بایست بدین‌صورت بوده‌باشد. دستگاه مزبور فوق‌العاده بغرنج‌است وبررغم‌مطالعات بسیار ، هنوز بەهیچ وجه‌کاملا بررسی نشده است .

برای روشنترکردن موضوع بەمقایسه‌ای‌متوسل می‌شویم که البته طبق معمول همیشگی بسیار تقریبی است . اجازه دهید بەعنوان مثال خویش موتور بغرنجی را انتخاب کنیم که کار معینی را انجام می‌دهد مثلا موتور یك اتومبیل را . کار این موتور

نه‌فقط به‌جزء اساسی ترکیبی آن ، بلوك سیلندر ، بلکه همچنین به‌یك عده مکانیسمهای کمکی بستگی دارد که بعضی از آنها شامل دستگاههای کاملی هستند که هـر کدام وظیفهٔ مخصوص به‌خودی دارند ؛ مانند تهیه وتحویل مخلوط احتراقی ، تولید جریانی با ولتاژ زیاد برای آتش زدن مخلوط ، خنك کردن ، روغنکاری ، انتقال حرکت ، تنظیم سرعت وغیره .

برای آنکه موتور نرم وروان کار کند ، نه‌فقط بایدهریك از این سیستمها به‌درستی کار کنند ، بلکه حتی مهمتر اینکه باید ازلحاظ زمانی و مکانی باهم هماهنگی داشته باشند . جرقهٔ شمع باید موقعی زده شود که پیستون در سیلندر موقعیت خاصی داشته باشد ، و مخلوط باید در لحظه معینی داخل شده باشد وغیره .

همین طورهم دستگاه فتوسنتز گیاهان فقط شامل یك‌سلسلهٔ سادهٔ استحاله‌های شیمیایی نیست ، بلکه متضمن تعدادی‌سیکلهای واکنشهای بیوشیمیایی ، یعنی مجموعه‌های کاملی از سیستمهای کاتالیزری و فتوشیمیایی است . تنها زمانی نتیجه مطلوب از کار سیستهای مزبور حاصل می‌شود که با یکدیگر هماهنگی بسیار خوب وبرهمدیگر تأثیر متقابل مستمر داشته باشند. این‌منظور نه‌فقط به‌وسیلهٔ یك سلسله واکنشهای خاص که از لحاظ زمانی هماهنگ شده‌اند ، بلکه همچنین توسط وضعیت فضایی آنها ، یعنی وجـود ساختمانهای ویژه‌ای در دستگاه فتوسنتز تـأمین می‌شود .

بااستفاده از آب به‌عنوان یك مادهٔ دهندهٔ هیدروژن ، و با آزاد شدن اکسیژن که در نتیجه آن حاصل می‌شد ، نیاز به یك چنین سازمان فضایی ، حدت خاصی پیدا کرد . در یك چنین پروسه‌ای تنها به‌وسیلهٔ پراکنده شدن محصولات ناپایدار اصلی فتوسنتز به‌داخل ساختمانهایی ناهمگن است که واکنشها را از

دنبال نمودن مسیر معکوسی که از لحاظ ترمودینامیك محتملتر است ، می‌توان بازداشت . در باکتریهای رنگدانه داری که در شرایط بی‌هوازیست ، بـدون تشکیل اکسیژن آزاد فتوسنتز می‌کنند ، رنگدانه‌ها در سرتاسر پرتوپلاسم به‌نحو پراکنده‌ای بخش شده‌اند . ازطرف دیگر ، شکل عالیتر فتوسنتز تنهاموقعی امکان‌پذیر شد که پروسهٔ تکامل تدریجی ارگانیسمها به تشکیل دستگاههای ساختمانی بغرنج منجر گردیده بود .

در گیاهان عالی ، کلروپلاستها مثل‌یك‌چنین دستگاهی‌عمل می‌کنند . هیچ کس‌درهیچ‌مخلوط‌همگن‌فاقدکلروپلاست ، برخلاف تخمیرالکلی ، هنوز موفق نشده‌است که پروسهٔ فتوسنتز را به‌طور کامل بازسازی کند . این خود دلالت براهمیت نقشی می‌کند که درفتوسنتز به‌وسیلهٔ سازمان فضایی ایفاشده است .

مطالعه این پلاستیدها[۱] بامیکرسکوپهای الکترونی نشان داده است که دارای ساختمانهای پیچیده‌ای هستند و مرکبند از زمینهٔ بی‌رنگی که روی‌آن دانه‌های‌کلروفیلدار به‌شکل‌استوانه‌های متحدالشکلی پراکنده شده‌اند (شکل۱۲) . این دانه‌ها محتوی دیسکهایی از جنس پرتئین‌اند که با یك لایه لیپید کلروفیلدار ترکیب شده است . بدین ترتیب ما در دانه کلروفیل همان قسم ساختمان «ساندویچی» را می‌یابیم که درغشای سطحی همهٔاجسام زنده ، یادرتورینهٔ درون پلاسمی موجودات‌زندهٔ باسازمان‌عالیتر یافته‌ایم . اما در کلروپلاستها این ساختمان به‌گروهه‌ای تبدیل شده است که بـرای انجام اعمال فتوسنتز تخصص بسیار عـالی یافته است .

---

۱ . پلاستید Plastid . هریك ازاجسام سیتوپلاسم سلول‌را (به‌ویژه سلول‌گیاهی وپروتوزوئرهارا) که برای انجام عمل‌یااعمال ویژه‌ای تخصص یافته‌اند ، پلاستید می‌گویند . پلاستیدهای محتوی کلروفیل را کلروپلاست می‌نامند ــ م.

فقط درچنین ساختمان لیپوپرتئین است که نخستین حادثه شیمیایی درفتوسنتز، یعنی تجزیه‌آب، می‌تواند صورت‌بگیرد. اما برای آنکه فتوسنتز صورت بگیرد ، این حادثه باید باهماهنگی به‌سلسلهٔ تام وتمامی ازپروسه‌های دیگر متصل گردد که هریك از آنها توسط مکانیسم آنزیمی‌ویژه خود که‌روی‌سیستمها یاگروهه‌های کاملی «سوار» شده‌اند ، صورت می‌گیرد .

مااینك از قسمت عمدهٔ نتایجی که م . کالوین M.Calvin گرفته است استفاده می‌کنیم ، و نمودار فوق‌العاده ساده شده‌ای ازکار این گروهه‌ها را ارائه می‌دهیم . هریك ازآنها را می‌توان به‌وسیله اعمالی مشخص نمودکه درپروسهٔ عمومی فتوسنتز انجام می‌دهد :

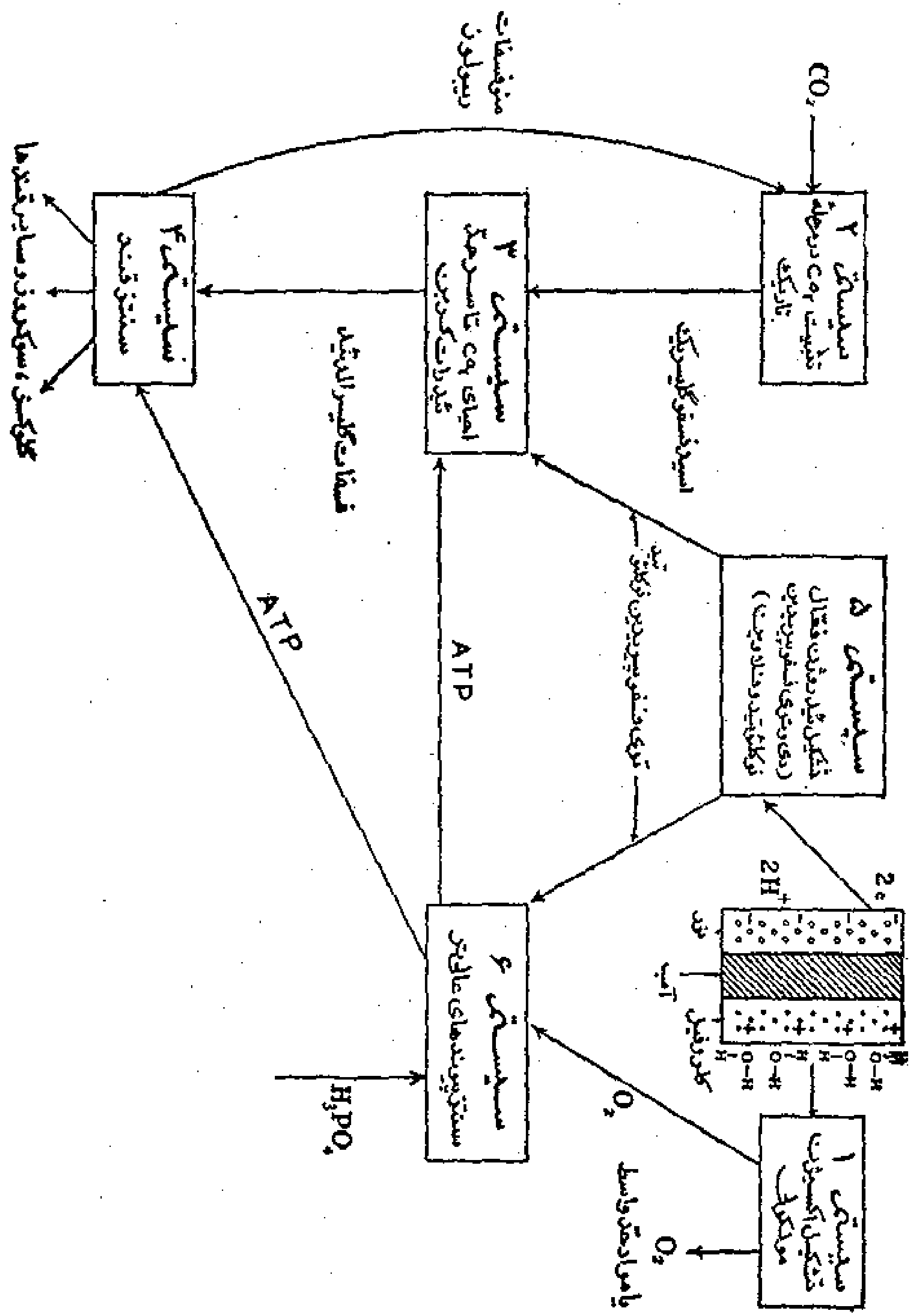
۱ ـ تشکیل‌اکسیژن‌ملکولی ، ۲ ـ تثبیت CO_2 درتاریکی، ۳ـ احیای CO_2 تاسطح یك هیدرات‌کربن ، ۴ ـ سنتزقندها از فسفوتریوزهـا ، ۵ ـ تولید هیدروژن فعال به‌شکل پیریـدین و نوکلئوتید احیا شده (DPN—H یا TPN-H) (TPN یاتری‌ـ فسفوپیریدین نوکلئوتیدماده‌ای است باساختمانی همانندساختمان DPN امـادرهر ملکول آن به‌جـای دوگروه فسفات ، سه‌گروه فسفات وجوددارد) ، ۶ ـ تشکیل اتصالهای پرانرژی (ATP) (به‌شکل ۱۳ مراجعه کنید .)

برطبق گفته مجازی کالوین ، نوری‌که به‌لایهٔ کلروفیلدار گروه لیپوپرتئین می‌تابد الکترونها را ازجا کنده ازآن بیرون می‌کند ، و اینها بلافاصله در ساختمان مزبور از «سوراخهای» مثبت کوچکی که پشت‌سرمی گذارند ، مجزا می‌شوند(مثبت‌بدین دلیل‌که الکترونها دارای بارمنفی الکتریکی هستند و وقتی که ازجاکنده می‌شوند به‌همان مقدار بارمنفی ازدست رفته اضافه‌بار مثبت درجای آنها ایجاد می‌شود.) الکترونها به‌احیای پیریدین نوکلئوتید می‌پردازند (دردستگاه‌شماره(۵)) درحالی‌که بارهای

مثبت بر آب تأثیر می‌کنند وموجب اکسید شدن آن می‌گردند. (دستگاه شماره (۱)). این واکنش محصولاتی واسطه‌ای پدید می‌آورد به شکل پراکسید هیدروژن (H_2O_2) یا پر اکسیدهای آلی که باتشکیل اکسیژن ملکولی تجزیه می‌شوند. قسمت‌بیشتر اکسیژن به‌اتمسفرداده می‌شود؛ امامقداری ازآن دردستگاه‌شماره (۶) برای پروسه‌های اکسیدی فسفریلاسیون به‌کاربرده‌می‌شود.

از طرف دیگر (در دستگاه شماره (۲)) تثبیت CO_2 در تاریکی وجوددارد که‌اصلا به همان‌طریقه‌و به‌وسیلهٔ همان مکانیسمها (مثل CoA) انجام می‌شود که در سایر موجودات زنده هست. اسید فسفوگلیسریك به‌وسیلهٔ پروسه‌هایی تولیدمی‌شود که‌دردستگاه شمارهٔ(۲) رخ می‌دهند وبعداً دردستگاههای (۳)و(۴) به‌قندهای مختلف‌تبدیل می‌شود. دردستگاه شمارهٔ (۳) اسیدفسفوگلیسریك به تریوزفسفات (گلیسرالدئید) احیا می‌گردد. اما این امردر مرحلهٔاول به«هیدروژن فعال»نیازمنداست که ازدستگاه‌شمارهٔ(۵) به‌شکل پیریدین نوکلئوتید احیا شده (TPN—H) رسانیده می‌شود و در وهلهٔ دوم به‌منبع انرژی سهل الحصولی (ATP) احتیاج داردکه دردستگاه شمارهٔ (۶) ساخته می‌شود.

تولید دیگر تریوزفسفات در دستگاه شمارهٔ (۴) ادامه می‌یابد. این پروسه یا به‌تراکم سادهٔ آنها ختم می‌شود که اول هکزوزدی فسفاتها و سپس گلوکز تشکیل مـی‌شود، یـا اینکه به‌استحاله‌های پیچیده‌تـری منجر می‌شود که موجب پیدا شدن اترسلهای فسفریك همهٔ منوساکاریدهای خاص سلسله‌گیاهان، با چهار، پنج، شش، هفت، یاده‌اتم کربن می‌گردد. ماده‌ای که با اهمیت ویژه‌ای دراینجاتولیدمی‌شوداترسل فسفریك‌پنتوزریبولوز است. این ماده همان‌طورکه‌قبلا دیدیم، محصول واسطه‌ای‌ویژهٔ سیکل فسفات پنتوز تخمیر است. ریبولوز منوفسفات نقش‌بسیار


سیستم ۱
تشکیل اکسیژن مولکول
O_2 یا مواد حد واسط
کلروفیل
آب
نور
2e
$2H^+$
O_2
سیستم ۲
تثبیت CO_2 در مرحله تاریک
CO_2
اسید فسفوگلیسریک
سیستم ۳
احیای CO_2 تا سرحد ئیدرات کربن
فسفات گلیسر الدئید
سیستم ۴
سنتز قند
گلوکز ، سوکروز و سایر قندها
منوفسفات ریبولوز
سیستم ۵
تشکیل ئیدروژن فعال (دی و تری فسفو پیریدین نوکلئوتید و فلاوین)
تری فسفو پیریدین نوکلئوتید
سیستم ۶
سنتز پیوندهای عالی تر
ATP
ATP
H_3PO_4

(شکل ۱۳)

مهمی در فتوسنتز ایفا می‌کند؛ چه پس از فسفریلاسیون بعدی با مصرف شدن ATP داخل دستگاه شمارهٔ (۲) می‌شود و در آنجا به‌عنوان یك پذیرندهٔ مقدماتی CO_2 درپروسهٔ تثبیت آن در تاریکی عمل می‌کند.

شناخت جزئیات دستگاه فتوسنتز گیاهان سبز نشان می‌دهد که همهٔ این مکانیسمهای کاتالیزری، وحتی تمام گروهه‌های آنها اصولا به‌هیچ وجه نـو نیستند. در بیشتر مـوارد، عین یا شبیه مکانیسمهای مزبور را در ارگانیسمهای بیرنگ یادر باکتریهای فتوسنتز کننده می‌یابیم.

بدین ترتیب‌این مکانیسمهای شیمیایی حتی پیش‌ازپیداشدن گیاهان سبزدر روی زمین وپیش از تکامل اشکال کنونی فتوسنتز وجود داشتند؛ اما پراکنده بودند و برای تشکیل سیستم بغرنج واحدی کاملا ترکیب‌نشده‌بودند. درحقیقت‌این اتحادمکانیسمهای سابقاً موجود بود که موجب ایجاد دستگاه فتوسنتزشد. اتحاد مزبور نیز تنها درجریان تکامل تدریجی ارگانیسمها، براساس سیستم و گروههٔ پروسه‌های‌موجود قبلی‌می‌توانست صورت‌بگیرد. اگربخواهیم مقایسهٔ بین‌دستگاه فتوسنتز گیاهان باموتور اتومبیل را دنبال کنیم، می‌توانیم بگوییم که همچنان که تاریخ تکنولوژی نشان می‌دهد، موتوراتومبیل‌هم فقط برپایهٔ اسباب قبلاموجودی می‌توانست پدیدآید. پیش‌ازاختراع پیستون بخار و سیلندر یا دینامو و غیره هرقدر هم که یك نـابغهٔ بزرگ تلاش می‌کرد، امکان نداشت که یك چنین موتوری ساخته شود.

پیداشدن فتوسنتز نشانهٔ مرحلهٔفوق‌العاده مهمی در پروسهٔ تکامل تدریجی جهان آلی سیارهٔ ما بود. این امر تغییری‌بنیادی در همهٔ روابط موجود قبلی ایجاد کرد.

باپیداشدن اکسیژن‌آزاد، حتی‌موجودات‌بیرنگ‌وموجود

قبلی نیز برای تنظیم جدی و منطقی متابلیسم ، امکانات اصولا جدیدی کسب نمودند . امکاناتی که متضمن هیچ گونه تغییراساسی در مکانیسمهای کهن آنها نبود . مثلا استحالهٔ بی‌هوازیهای اجباری به‌هوازیهای اختیاری را می‌توان به‌آسانی تصور کرد که فقط با تغییر یك حلقهٔ اتصالی در متابلیسم آنها ، یعنی تبدیل دکربوکسیلاسیون بی‌هوازی به دکربوکسیلاسیون اکسیدی پیرمویك پیش آمده است[۱] .

---

۱ . زیست اجباری (Obligate biosis) درزیست‌شناسی به‌معنای اجبار موجودات زنده به‌زندگی است در شرایط زیستی واحد و ادامهٔ یك طرز زندگی منحصر به‌فرد . باکتریهایی که مجبورندفقط درمحیطی که دارای اکسیژن آزاد است زندگی کنند، هوازیهای اجباری (Obligate aerobes) نامیده می‌شوند واین طرززندگی آنها را هوازیست اجباری (Obligate aerobiosis) می‌نامند . از طرف‌دیگر باکتریهایی را که‌فقط می‌توانند درمحیط فاقد اکسیژن آزادبه‌سر برند ، بی‌هوازیهای اجباری (Obligate Anaerobes) می‌گویند ، واین طرز زندگی بی‌هوازیست اجباری (Obligate anaerobiosis)نامیده‌می‌شود . باکتریهای‌دیگری هم هستند که دراین طبقه‌بندی ، بینابین دودستهٔ بالا قرار دارند . آنها زیست اختیاری (Facultative biosis) دارند ، یعنی در هردونوع محیط فوق‌الذکر می‌توانند به‌حیات خود ادامه دهند. از میان این باکتریها آنهایی که معمولا محیط فاقد اکسیژن آزاد را برای زندگی خودترجیح می‌دهند ولی درمحیط دارای مقدار کمی اکسیژن آزادهم می‌توانند زندگی کنند ، بی‌هوازی اختیاری (Facultative anaerobes)نامیده‌می‌شوند.درمقابل بی‌هوازیهای اختیاری دستهٔ‌هوازیهای اختیاری هستند که محیط‌دارای مقدارکمی اکسیژن‌آزاد رابرای‌زندگی‌خودترجیح می‌دهند؛ هرچند که‌درمحیط فاقد اکسیژن نیزمی‌توانند به‌زندگی‌خود ادامه دهند. طرز زندگی دستهٔ اول بی‌هوازیست اختیاری (F.Anaerobiosis) ونوع زندگی دستهٔ دوم هوازیست اختیاری (F.Aerobiosis) نامیده می‌شود ـ م.

بی‌هوازیهای اختیاری همچون اشریکیا کولی Escherichia Coli و استرپتوکوکوس فکالیس Streptococcus facalis با انجام این کار درشرایط بی‌هوازیست نه‌فقط می‌توانند قند را تا حد اسید لاکتیك تجزیه کنند ، بلکه همچنین می‌توانند آن را اکسید کرده به‌اسید استیك تبدیل نمایندکه از لحاظ انرژی به‌میزان قابل ملاحظه‌ای مرغوبتر است . تشکیل اسیداستیك در نبودن اکسیژن آزاد حتماً باید با تشکیل محصول احیا شده‌ای مانندالکل‌اتیلیك‌همراه‌شود که‌درچنین شرایطی برای‌ارگانیسمهای مزبور ماده‌ای غیرقابل استفاده و زاید است . از طرف دیگر ، باکتریهای استیك‌که بی‌هوازیهای مسلمتری می‌باشند نه‌فقط قند را به‌اسیداستیك تبدیل می‌کنند ، بلکه الکل‌اتیلیك را هم به‌اسید استیك تبدیل می‌نمایند و بدین‌سان آن را در متابلیسم انرژی داخل‌کرده از انرژی این محصول زاید تخمیر که پیشتر توسط هتروترفها کاملا غیرقابل استفاده می‌ماند، بهره‌برداری می‌کنند.

این خط تکاملی که بدین طریق پدید آمده ، بسیاری از هوازیهای اختیاری مختلف را که تخمیرهای به‌اصطلاح‌اکسیدی را انجام می‌دهند بموجود آورده است .

به‌عقیدهٔ من دراین عصرانتقالی بود که متابلیسم گروههای ویژهٔ موجودات زنده‌ای همچون شیمیواتوترفها نیز پدید آمد . درست درخط فاصل بین‌شرایط احیا کننده واکسیدکننده بود که برای اکسیداسیون ترکیبات احیا شده قشر زمین امکانات بسیار وسیع و اساساً متفاوت استفاده از اکسیژن ملکولی به وجود آمد .

در دورهٔ مورد بحث ما، یعنی هنگام‌آغاز تشکیل‌اکسیژن آزاد ، واکنشهای اکسید کنندهٔ مزبوربایستی بی‌مبالغه در نقطه به نقطهٔ زمین و هرنقطهٔ زمین ادامه یافته باشند. زیرا مواد قابل

اکسید شدن در همه جـای روی زمین وجـود داشت . اما این واکنشها بی‌زیست‌خاسته‌بودند و نسبتاً به‌آهستگی صورت‌می‌گرفتند و انرژی‌ای‌که بدین‌وسیله‌آزاد می‌گردید به‌شکل‌حرارت منتشر می‌گردید .

در شرایط کمبود مبرم ترکیبات آلی بی‌زیست خاسته ، موجوداتی کـه می‌توانستند این واکنشهای اکسیداسیون مواد غیرآلی‌رادررشدتکاملی‌خود داخل‌نمایندومکانیسمهای‌کاتالیزری‌را برای‌تسریع این‌اعمال،وبسیج‌انرژی‌آنها برای مقاصد سنتزی در بدن خود بسازند، طبعاً درمبارزه به‌خاطر بقا ازامتیازی بزرگ برخوردار بودند وبنابراین به‌وسیلهٔ انتخاب طبیعی تقویت‌شدند وسپس انتشاری وسیع یافتند .

چنانکه‌انتظارمی‌رود، درشرایط‌طبیعی،اقسام‌ارگانیسمهای اتوترف امروزی درهمان نقاطی‌زیست می‌کنندکه مواد احیاشدهٔ اعماق زمین به‌سطح‌آمده درمعرض نورروزقرارگرفته وبااکسیژن ملکولی اتمسفر مواجه می‌شوند .

بنابراین نقش‌کنونی شیمیواتوترفها درگردش موادبسیار مهم است . عملا همهٔ پروسه‌های اکسیداسیون ترکیبات احیا شدهٔ نیتروژن و گوگرد و نیز هیدروژن ومتان و ، تا اندازه‌ای آهن که به‌طورطبیعی‌رخ می‌دهند به‌فعالیتهای حیاتی‌موجودات ذره‌بینی‌مناسبی بستگی دارد.

تنوع عظیم گروههای شیمیواتوترفها و نزدیکی بعضی از آنها به‌هتروترفهایی‌که از لحاظ متابلیسم ابتداییترند و به‌وسیله اشکال رابط ، به‌بعضی از ارگانیسمها می‌پیوندند ، انسان را متقاعد می‌سازد که شیمیواتوترفی فقط یك‌بار پدید نیامده بلکه آغاز گسترش وافر آن بایستی مربوط به‌زمانی باشد که گروه متنوع بزرگی از اشکال موادآلی قبلا وجود داشته است .

شرایط ویژهٔدورهٔ مورد بحث که‌این تکامل را ارتقابخشید، دروهلهٔ اول عبارت بود ازکمبود موادآلی غذایی دارای ذخایر بزرگ منابع غیرآلی انرژی . اماهنگامی که شرایط سطح زمین اکسید کننده شد ، این ذخیره به‌سرعت ازمیان رفت وفقط نسبتاً به کندی ازطبقات‌عمیقتر پوستهٔ‌زمین‌ازنو تأمین گردید . برعکس، براثر پیداشدن و رشد سریع فتواتوترفها موازنهٔ مواد آلی در بیوسفر هرچه بیشتر مطلوب می‌شد .

این امر موجب شد که در تکامل بعدی موجوداتی که با همانند سازی موادآلی سازگار شده بودند ، جریان عمدهٔ تکامل بعدی به‌مسیر قدیم خود بازگردد . دورهٔ کمبود حاد این مواد روبه‌پایان رفت وتنها گروهی کوچك ازموجودات اتوترف‌دارای قدرت شیمیوسنتز به‌عنوان‌یك یادگار بیولوژیك باقی‌ماند . اینها فقط شاخه‌ای فرعی از رودخانه اصلی تکامل تدریجی را تشکیل دادند . این مجرای اصلی ، اکنون شامل گیاهان سبز ـ فتواتوترفها ـ وموجودات بیرنگ ، به‌ویژه جانوران می‌شود که استعداد قبلی و قدیمتر خود را در مورد تغذیهٔ هتروترفی حفظ نموده‌اند . اما پس ازپدید آمدن فتوسنتز ، حتی تکامل تدریجی موجوداتی که مواد آلی ساخته آماده را درپروسه‌های‌حیاتیشان به‌کار می‌بردند ، حائز یك شکل بیوشیمیك دیگری شد که‌باآنچه پیش ازاین حادثه داشت ،کاملا متفاوت بود.

منشأ تنفس

عامل قطعی ، ازاین‌لحاظ ، اکسیژن اتمسفر بود که‌وجود آن به‌تنظیم معقولانه وتشدید پروسه بسیج انرژی موادآلی امکان داد. این تنظیم معقولانه البته برپایهٔ همان مکانیسمهای‌بی‌هوازی

مبتنی بود که اساس متابلیسم انرژی هتروترفهای آغازی را تشکیل دادند .

اما ارگانیسمهایی که محفوظ ماندند و در جریان تکامل تدریجی ، درشرایط جدیدهوازیست به‌وسیله‌انتخاب طبیعی‌تقویت شدند ، آنهایی بودندکه ترکیبهای آنزیمی کمکی و سیستمهای واکنشهایی را به‌وجودآورده بودند که موجب شدند موجودات مزبور بتوانند با استفاده ازموادآلی برون‌خاسته از راه‌اکسیده کردن کامل آنها به‌وسیلهٔ اکسیژن ، اتصالهایی پر انرژیتر از گذشته به‌دست‌آورند .

برای اجرای این وظیفه دوسیستم جدید ضرورت داشت : اولا ، سیستمی برای بسیج هیدروژن که در شرایط بی‌هوازیست ضایع می‌گردید؛ زیرا بصورت ترکیبات‌کم وبیش بیفایده (از قبیل اسیدها والکلها و غیره) یــا حتی به‌شکل هیدروژن گازی به‌وسیلهٔ موجود زنده دفع می‌شد ، ثــانیاً دستگاهی برای فعال کردن اکسیژن که به‌وسیلهٔ‌آن هیدروژن اکسیدگردد وآب‌حاصل شود . مکانیسمهای خاص سیستم اول بسیار قدیمی‌اند . آنها در اصل حتی درموجودات بی‌هوازی هم‌وجود داشتند . مکانیسمهای مزبور عبارتند از DPN , ATP , CoA و غیره که اکنون دیگر آنها را به‌خوبی می‌شناسیم . تأثیرآنها فقط درشرایط هوازیست است ودراین شرایط تعدادی محصول جدید تولید می‌شود که در زنجیر واکنشهای تخمیرالکلی یا لاکتیك وجود ندارند . خود این زنجیر استحالهٔ ابتدایی هیدرات‌کربن حتی در هوازیها هم بدون تغییر مانده است . اما دراین موجودات سلسله واکنشهای جدید در نقاط‌خاصی به‌زنجیر مزبور متصل شده‌اند . واکنشهای خــاصی از این سلسله‌ها و سیکلها هیدروژن را بــه پیریــدین نوکلئوتید یــا پذیرنده‌های مشابـه دیگر (مثلا مشتقات فلاوین)

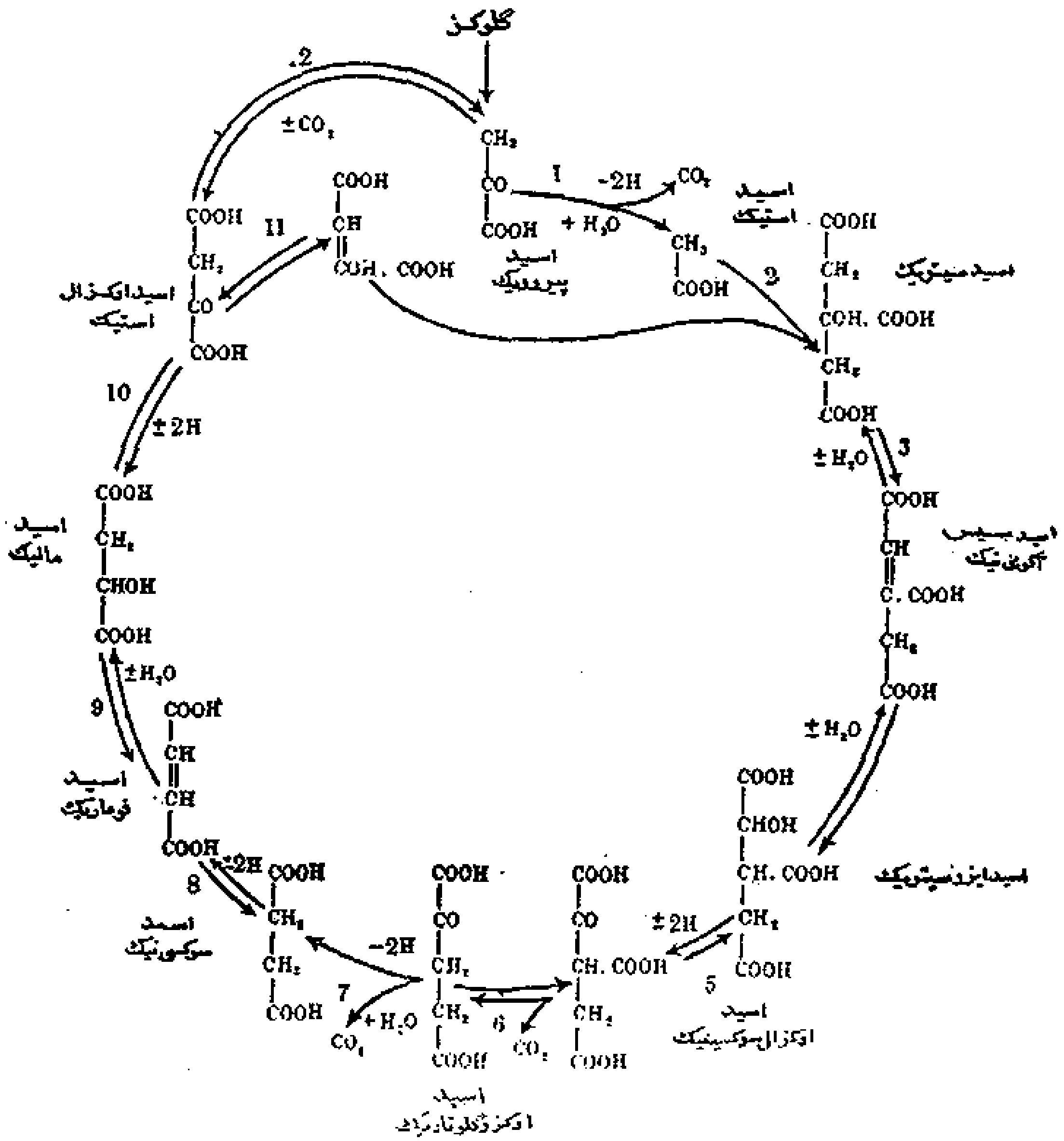
انتقال می‌دهند .

نقاط اتصال این سیکلها به‌یکدیگر حتی در بی‌هوازیهای اختیاری کاملا ابتدایی هم دقیقاً معین شده‌اند. مهمترین موقعیت را اسید پیروویك دارد که نقطه‌ای‌مواصلاتی است وراههای‌مربوط به‌اشکال گوناگون تخمیر بی‌هوازی از آن به‌جهات مختلف‌منشعب می‌شوند . همان‌طور که قبلا در مورد استرپتوکوکوس فکالیس نشان‌دادیم، اسید پیرو‌ویك ممکن‌است به‌وسیلهٔ دکربوکسیلاسیون اکسیدی به‌اسیداستیك تبدیل شود. درباکتریهای عهده‌دارتخمیر پرپیونی ، پروسهٔ معکوس آن روی می‌دهد واسید پیرو‌ویك با CO_2 ترکیب می‌شود و اسید اکسالواستیك Oxaloacetic acid می‌سازد . در ارگانیسمهای عالی که قدرت تنفس دارند هردو پروسهٔ استحالهٔ مزبور روی اسید پیرو‌ویك که به‌طریق معمولی تولید می‌شود ، صورت می‌گیرد . اما ، این پایان کار نیست . سلسلهٔ مسدودی از استحاله‌های دارای اتصالهای بسیار پدیدآمده به‌نام سیکل کربس یا سیکل دووسه‌کربوکسیلی نامیده شده‌است. نمودار سیکل مزبور درشکل ۱۴ ارائه شده است .

دراین نمودار، جریان استحالهٔ بی‌هوازی گلوکز به‌اسید پیرو‌ویك که مشترك بین همهٔ ارگانیسمهاست برای ساده کردن موضوع حذف شده است.

ما همهٔ حلقه‌های اتصالی این سیکل پیچیده را به‌تفصیل بررسی نخواهیم‌کرد . دراین سیکل مکانیسمهای بسیاری مانند CoA که قبلا ذکرشده ، به‌وظیفهٔ خود عمل می‌کنند ولی‌ما نکات زیررا باید یادآور شویم :

در جریان این سیکل هرسه اتم کربن اسید پیرو‌ویك به‌حساب اکسیژن‌آب‌اکسید می‌شوند و به CO_2 تبدیل می‌گردند؛ در حالی که آب در همان زمان به‌کمك نوکلئوتید پیریدینها و



(شکل ۱۴)

آنزیمهای مربوطه ، به‌نام دهیدروژناز ، به‌داخل سیکل کشیده می‌شود . تجزیهٔ مستقیم CO_2 توسط کربوکسیلازها که آنزیمهای حاوی تیامین پیروفسفات (TPP) هستند ، تأمین می‌شود . بدین سان می‌بینیم کـه همان مقوله‌های مکانیسمهای آنزیمی ، دراینجا مثل متابلیسم بی‌هوازی عمل می‌کنند ؛ اما توالی واکنشها تغییر اساسی یافته است . اختلاف عمده دراین است که هیدروژن آزاد شده تلف نگشته ، بلکه به‌واسطهٔ اکسیدشدن آن با اکسیژن هوا برای تحصیل مقدار اضافی ومهمی انرژی به‌کار برده می‌شود .

محصولات بینابینی که درطی این سیکل پدید می‌آیند ، آن را به‌دیگر سیستمهای متابلیك متصل می‌کنند و این امر به‌برقراری یك اتصال مستقیم‌ووابستگی‌متقابل بین‌متابلیسم هیدراتهای کربن، چربیها ، اسیدهای آلی و پرتئینها منجر می‌شود . مثال خاصی بیاوریم : اسیدهای ستوکه در طی‌سیکل به‌وجـود می‌آیند ، هم باترکیب باآمونیاك می‌توانند مستقیماً امینه بشوند وهم به‌وسیلهٔ ترانسامیناسیون می‌توانند به‌الانین یـا اسیدکلوتامیك یـا اسید اسپارتیك تبدیل شوند و این مواد برای تشکیل اسیدهای امینه دیگری که در سنتزپرتئینها ، هورمونها، آنزیمها وغیره شرکت می‌کنند ، می‌توانند مورد استفاده واقع شوند .

اتصال استحاله‌های فرعی‌تنفسی به‌سلسله واکنشهای‌تخمیری نه‌فقط ازطریق اسیدپیروویك درآخر سلسله ، بلکه از راه‌اولین حلقهٔ آن نیز انجام می‌شود . در این مورد تنفس به‌سیکل پنتوز فسفات مربوط می‌شود که در بیشتر موجودات زنده کنونی شکل هوازی به‌خود می‌گیرد .

جدا شدن هیدروژن از محصولات واسطه‌ای سیکل کربس به‌وسیلهٔ نوکلئوتیدپیریدین بادفع‌مقدارقابل‌ملاحظه‌ای‌انرژی‌همراه نیست. انرژی‌آزاد اکسیداسیون نه براثر اکسیداسیون مادهٔ زیر نهاده ، بلکه به‌دلیل اکسیداسیون بعدی شکل احیا شده پیریدین نوکلئوتید به‌وسیلهٔ اکسیژن هوا حاصل می‌شود. اما این‌به‌صورت یك حادثهٔ واحد صورت نمی‌گیرد ، بلکه به‌وسیلهٔ انتقال پرتونها والکترونها درامتداد زنجیر یك سلسله آنزیمهای اکسید کنندهٔ مخصوص رخ می‌دهد . در نتیجهٔ این انتقال هریك از حاملهای واسطه‌که فقط به‌مقادیر بسیارکمی وجود دارند ، با مصرف شدن زیرنهاده احیا می‌شود وبه وسیلهٔ اکسیژن هوا اکسید می‌گردد. این نوع اکسیداسیون با فسفریلاسیون توأم است و به‌طور کلی

به‌فسفریلاسیون اکسیداتیو معروف است. این نوع اکسیداسیون گذشته از آنکه برای موجودات زنده هوازی یك منبع لازم انرژی آزاد است، منبع قابل ملاحظه‌ای هم است. در واقع، اخیراً نشان داده‌اند که تنها یك ملکول پیریدین نوکلئوتید احیا شده سه اتصال فسفاتی ایجاد می‌کند، و حال آنکه تخمیر تمام ملکول قند فقط موجب سنتز دو اتصال از چنین اتصالهای پرانرژی می‌شود.

در ارگانیسمهای مختلف گروه کاملا متنوعی ازمواد (مواد بینابین) می‌توانند به‌عنوان حلقه‌های واسطه درسلسله واکنشهای اکسیدکننده به‌کار آیند، امااینجا فلاوپرتئینها Flavoproteines حائزمقامی شامخ هستند. همان‌طور که گ. ماهلر G.Mahler اخیراً نشان‌داده است گروه متنوع بزرگی ازاین گونه‌ترکیبات در افراد مختلف جهان زنده می‌توان یافت. در بعضی از این ترکیبات ممکن‌است گروه فلاوین به‌نوکلئوتیدهاومواد باقی‌مانده دیگر، و نیز به فلزهایی از قبیل آهن، مولیبدن یا مس متصل شوند.

در موارد خاص، آنزیمهای فلاوپرتئین هیدروژن را از پیریدین‌نوکلئوتید احیا شده می‌گیرند وسپس آن را به‌پرفیرینها که اجزای ترکیبی دستگاه سیتوکرم[1] هستند، رد می‌کنند؛ و

---

۱. Cytochrome. سیتوکرم ماده‌ای است رنگی وتنفسی که در موجودات هوازی به‌میزان وسیعی وجود دارد. ساختمان شیمیایی آن‌از ترکیب پرتئینها با گروههای غیرپرتئینی (پروستزی) نظیر گروه همین Hemin ملکول هموگلوبین تشکیل می‌شود. اکسیداسیون سیتوکرم به‌وسیلهٔ اکسیژن ملکولی واحیای متعاقب آن راه اصلی دخالت اکسیژن اتمسفر در متابلیسم سلولی است. هموگلوبین یکی از انواع سیتوکرمهاست ـ م.

نیز ممکن است آن را به‌دیگر مکانیسمهای اکسید کنندهٔ بینابین که می‌توانند موجب اکسیداسیون نهایی هیدروژن به‌وسیلهٔ اکسیژن هوا گردند، برسانند. موارد دیگر متضمن شرکت فلاوپرتئینهاست که می‌توانند هیدروژن را مستقیماً از ماده زیر نهاده تهیه نمایند و آن‌را به‌دستگاه سیتوکرم منتقل کنند. بالاخره فلاوپرتئینهایی هم وجود دارند که می‌توانند هیدروژنی را که به‌دست آورده‌اند مستقیماً به‌اکسیژن ملکولی منتقل نمایند.

تنوع زیاد توالی واکنشهای اکسیداسیون در نمونه‌های مختلف سلسله‌های گیاهان وجانوران خود دلیل جوانی نسبی این سیستم است. زیرا درجریان تکامل تدریجی در همان مرحله از تکامل دنیای زنده که افتراقی عمیق بین بخشهای مجزای آن رخ داد، این سیستم در موجودات مختلف به‌طور متوازی گسترش یافت.

شناخت آنزیمهای گوناگونی که‌دراستحاله‌های اکسیداسیون دربدن موجودات مختلف شرکت می‌کنند باید همین‌نتیجه رانیز بدهد. این امر مخصوصاً درمورد «گروه نهایی» کاتالیزرهایی که اکسیژن ملکولی را مستقیماً فعال می‌کنند، صادق است. در ارگانیسمهایی که از لحاظ سیستماتیك از هم بسیار دورند این تأثیر غالباً توسط مکانیسمهای کاتالیزری بسیار متفاوت تأمین می‌شود.

باظهور اکسیژن‌ملکولی دراتمسفرزمین، نمونه‌های بسیار متفاوت دنیای زنده به‌سادگی‌توانستند که درتنفس، سیتوکرمهای خودرا از راه‌سازگار ساختن آنها بافعال‌شدن اکسیژن به‌صورت مکانیسمهای اکسیدکننده به‌کار ببرند.

ازاین لحاظ چنین می‌نماید که سیتوکرمها و آنزیمهای همراهشان، اکسیدازهای سیتوکرم، مجموعه‌های تنفسی بسیار

شایعی باشند . ما آنها را درموجودات مربوط به‌رده‌های بسیار متفاوت می‌یابیم ، اما اهمیتشان بویژه در پروسهٔ تنفسی بسیاری ازموجودات ذره‌بینی ، و نیز در سلول جانوری زیاد است . در گیاهان عالیتر سیستم فنل‌اکسیداز از این‌حیث نقش عمده را ایفا می‌کند . در این سیستم ، آنزیمها عبارت از کوپروپرتئینها و حاملهای هیدروژن ، یعنی «کرموژنهای تنفسی» پالادین هستند. این مکانیسمها اختصاص بسیاری به‌گیاهان دارند . روشن است که اینها قبلا در جریان فیلوژنز۱ هنگامی تکمیل شدند که ارگانیسمها به‌سلسله‌های جانوری و گیاهی تجزیه شدند .

پراکسیداز ، درتنفس گیاهان ازلحاظ فعال‌کردن اکسیژن پراکسیدهیدروژن بسیارمهم است ، درصورتی که درباختهٔ‌جانوری نقش نسبتاً کوچکی دارد .

اکسیداسیون نهایی به‌وسیلهٔ اکسیژن هوا ، ممکن است توسط آسکوربیك اکسیداز ، لیپوکسیداز ، و همچنین به‌وسیلهٔ یك‌عده ازمکانیسمهای‌دیگر مانندسیتوکرم‌اکسیداز ، فنل‌اکسیداز، پراکسیداز ومشتقات فلاوین کاتالیز شود .

دراقسام‌متفاوت‌موجودات‌زنده‌ودرمراحل‌مختلف‌دورانهای زندگی‌آنها نقشهایی‌که توسط این مکانیسمها ایفا می‌شود ممکن است به‌میزان بسیار وسیعی تغییر نماید. تمام اینها دلالت براین می‌کندکه پروسهٔ تنفس، از لحاظ فیلوژنز بسیارمتأخر است و بسیاردیرتر‌ازطریقهٔ بی‌هوازی‌متابلیسم انرژی‌به‌وجودآمده‌است.

تکامل تدریجی ساختمان یاخته

ازپیچیدگی زیادسازمان فضایی پرتوپلاضم‌که برای انجام

---

۱. Phylogenesis ـ تاریخ رشد و تکامل انواع رافیلوژنز می‌گویند ـ م .

عمل تنفس ضروراست ، باید نتیجهٔ مشابهی گرفت . در حالی که تخمیر وفسفریلاسیون بی‌هوازی توأم باآن در محلولهای همگن قابل اجرا است ، مکانیسمهای تنفس و فسفریلاسیون اکسیداتیو با ساختمانهای ویژهٔ اجسام زنده ملازمت محکم دارند . کوششهایی که به‌عمل‌آمده است تا این اعمال فقط درمحلولی از آنزیمها و واسطه‌های خاص انجام پذیرند ، همیشه به‌ناکامی منجرشده است. روشن‌است که پرتونها والکترونها فقط هنگامی می‌توانند درامتدادسلسله‌سیستمهای اکسید کننده عبور داده‌شوند که نسبت به‌همدیگر موضع‌گیری صحیحی یافته باشند ؛ در غیر این‌صورت، سلسلهٔ مزبوردرهمان نقطه پاره می‌شود. ازاین‌حیث حلقهٔ اتصالی بین‌اکسیداسیون واقعی و فسفریلاسیون بسیارآسیب پذیر است . مثلا اگر غلظتهای مخصوص اجزای ترکیبی ویژه تغییرداده شوند تنفس به‌مفهوم اخص آن ممکن است ادامه یابد ؛ اما از « جفت خود » فسفریلاسیون به‌نحو چاره ناپذیر «جدا» می‌شود .

احتیاج به‌یك سازمان فضایی مخصوص برای انجام تنفس حتی‌درباکتریهایی تجلی می‌کندکه قابلیت هوازی بودن دارند؛ هرچندکه ساختمان پرتوپلاسم آنها بسیارساده‌تر از ساختمان ارگانیسمهای‌عالیتراست.همان‌طورکه قبلا نشان‌دادیم،عناصراصلی عبارتندازغشای سلولی لیپوپرتئینی(غشای‌سیتوپلاسمی) ودانه‌های ریبونوکلئوپرتئین به‌قطر۱۵۰ تا ۲۰۰A. این‌عناصردرباکتریهای آسیب‌ندیده طوری باهم متحد می‌شوندکه درنتیجه سیستم واحدی ساخته می‌شود. اگرباکتریها رازیرفشارزیاد اسمزی ملاً خارج قرارداده و بوسیلهٔ لیزوزیم۱ موجب انحلال آنها گردیم ، آن

---

۱. Lysozyme ـ لیزوزیم آنزیمی‌است که درسال۱۹۲۲ توسط الکساندرفلمینگ A.Fleminge کشف شد . اوموقعی که‌دچار

بقیهٔ پاورقی در صفحهٔ بعد

وقت می‌توانیم به‌اصطلاح پرتوپلاستها۱را بی‌آنکه سازمان‌فضاییشان از بین برود ، به‌دست آوریم . از این‌رو پروتوپلاستهای مزبور می‌توانند به‌تنفس ، فسفریلاسیون و سنتز پرتئینها ، و مخصوصاً آنزیمها ، ادامه دهند . اما اگر فشار اسمزی محیط پیرامون

بقیهٔ پاورقی از صفحهٔ قبل

زکام حاد شده بود ترشحات مخاط بینی‌خود را روی‌یک‌سوسپانسیون باکتریال می‌ریزد ومتوجه می‌شودکه سوسپانسیون کدورتش را از دست می‌دهد و به‌سرعت شفاف می‌گردد . تحقیقات بعدی وی ثابت کرد که ترشحات مخاطیش حاوی آنزیمی بود وهمان آنزیم موجب تجزیه یا انحلال (Lysis) باکتریها شده بود. فلمینگ این‌آنزیم را لیزوزیم نامید . باید دانست که در سلولهای جانوری و گیاهی اندامکهایی (Organelles) هست به‌نام لیزوزوم Lysosome که حاوی‌آنزیمهای هیدرولیز کنندهٔ گوناگون واسید فسفاتاز هستند . یکی ازآنزیمهای مشهور لیزوزومهای سلولهای بعضی از بافتهای جانوری وموجودات ذره‌بینی همین‌آنزیم مورد بحث - لیزوزیم - است که‌موجب‌انحلال‌غشای‌سیتوپلاسمی باکتریها(Bacteriolysis) و سلولهای مرده مخاطی (Mucolysis) می‌شود . لیزوزیم اولین آنزیمی است‌که ساختمان شیمیایی‌آن کاملا روشن شده است.گروه تحقیقاتی دکتر نارث DR A.C.North وهمکارانش درسال۱۹۶۵ ثابت‌کردند که زنجیر ملکول پرتئینی‌آن مرکب از ۱۲۹ اسید امینه است ، و هرچند که ساختمان مناطق فعال ملکولی در کلیهٔ لیزوزیمهای موجودات مختلف یکی‌است ، اما ترکیب‌کلی‌اسیدهای امینه لیزوزیم درانواع‌گوناگون موجودات زنده متفاوت است .

۱. Protoplast . واحدپرتوپلاسمی‌سلول‌زنده‌راپرتوپلاست می‌گویند ، پرتوپلاست تمام جسم داخلی سلول زنده است‌که غشای سلول‌آن را می‌پوشاند . معمولا پرتوپلاسم بدان می‌گویند و گاهی هم آن را انرژید Energid می‌نامند.

به‌تدریج پایین برده شود، انحلال کاملتر پرتوپلاستها را می‌توان موجب شد و دانه‌ها را از غشاهای سیتوپلاسمی جدا کرد که گاهی به‌نام«شبح» نامیده شده‌اند. با انحلال پرتوپلاستها، عناصرمجزا شدهٔ ساختمانی ، مقدارقابل ملاحظه‌ای ازفعالیت آنزیمی خودرا حفظ می‌کنند وحتی می‌توانند قسمتهای خاصی ازاعمال تنفس‌را، مانند فسفریلاسیون اکسیداتیو (اما باضریب‌کارایی‌بسیارکم)، یا قسمتهای جداگانه‌ای از سیکل‌کربس‌را انجام دهند. ولی به‌نظر می‌رسد که روی هم رفته پروسهٔ تنفس ، وسنتزهای توأم با آن از بین بروند وحتی اگرسیستمهایی راکه بدین‌سان مجزاشده‌اندبار دیگرمجتمع نمایند وبدانها امکان عملی هماهنگ بدهند ، باز نمی‌توان اعمال مزبور را از نو عملی ساخت .

درارگانیسمهای عالیتر، سازمان فضایی تنفس به‌پیچیدگی وکارایی بازهم بیشتری رسیده است . اینجا ، درجریان تکامل تدریجی، ساختمانهایی پدیدآمده‌اندکه مخصوصاً برای این‌منظور سازش یافته‌اند ؛ مانند میتوکندریهاکه به‌نظرمی‌رسد درباکتریها وجود ندارند (شکل ۱۵) . میتوکندریها اجسامی بسیارکوچك، دراز وپهن‌اندکه بامیکروسکپ نوری به‌زحمت دیده می‌شوند؛ و درچند مورد ، بی‌آنکه ساختمان یا اعمال بیوشیمیاییشان از بین برود ، آنها را ازسلولها مجزاکرده‌اند . با انجام این‌کار ، هم تشخیص تك تك آنزیمهای اساسی اکسیدی احیایی، وهم شناخت مجدد سیستمهای‌کامل آنزیمهای لازم برای انجام سیکل کربس و تثبیت و تغییر شکل انرژی امکان پذیر شده است .

علاوه براین، نشانه‌هایی هست که‌نشان می‌دهد فعال‌ساختن زیرنهاده‌هابرای رشته‌های اعمال‌سنتزحیاتی، مخصوصاًفعال‌کردن اسیدهای امینه درمیتوکندریها روی می‌دهد .

به‌کمك‌میکرسکپ‌الکترونی،مخصوصاً با استفاده‌ازبرشهای

فوق‌العاده نازك ، معلوم شده است که حدود تغییرات وسیع‌فعالیت بیوشیمیایی میتوکندریها باپیچیدگی زیاد ساختمان داخلی آنها همراه است. ساختمان داخلی‌میتوکندریهادستگاه ساختمانی‌غشای لیپوپرتئینی بسیار متکاملی را نشان می‌دهد که به‌نظر می‌رسد ساختمانهای‌غشایی‌مزبورجالبترین وعمومیترین اشکال‌سازمانبندی فضایی دراجسام زنده باشند. غشاهای لیپوپرتئین پوششی خارجی تشکیل می‌دهد که‌تمام میتوکندری ومجموعه‌ای ازبخشهای داخلی راکه شماره وترتیب‌آنها بسیار متغیر است در برمی‌گیرند. این غشاهای داخلی درماده‌ای‌بیلادی‌غوطه‌ورند که به‌نظرمی‌رسدداراى دانه‌های ظریفی است ونیز درآنها غالباً می‌توان اجزای تخصص یافته‌ای دید. غشاها دربیشترسلولهای‌پستانداران موازی همدیگر وعمود برمحورهای طولی میتوکندریها مرتب شده‌اند . اینها تا اندازه‌ای‌تنگ‌هم دسته می‌شوند. براثرترتیب جداًمعین ترکیبهای آنزیمی درساختمان فوق‌العاده نازك میتوکندریهاتمام این‌دستگاه به‌سطح بسیارعالی‌کارآیی عملی رسیده است . مثال ویژه‌ای‌که در این مورد می‌توان آورد، کارآیی زیاد انتقال الکترونها درسیستم آنزیمهای فلاوپروتئین و هم Haem درون میتوکندریهاست . د. گرین D. Green این امر را به‌تماسی نسبت می‌دهد که به‌وسیلهٔ غشاهای لیپوپرتئینی بین گروههای آنزیمی ایجاد می‌شود .

بنابراین، میتوکندریهای ارگانیسمهای عالی‌معاصر، مانند کلروپلاستهای گیاهان ، ساختمانهای بسیاربغرنج وبسیار متکاملی می‌باشند که به‌انجام اعمال ویژهٔ بیولوژیکی سازش یافته‌اند .

روشن است که تنها درجریان تکامل طولانی موجودات زنده، با افزایش‌کارآیی متابلیسم هوازی‌آنها، وبسیارپس‌ازآنکه اکسیژن به‌میزان زیاد در اتمسفرزمین پیدا شود، چنین دستگاهی می‌توانست پدیدآید. دلیل این امراین واقعیت است که ساختمان

میتوکندریها فقط زمانی می‌تواند باقی بماند که فشار جزئی [۱] اکسیژن نسبتاً زیاد باشد. همانطور که پ. گوودان P. Govodan وهمکارانش نشان داده‌اند، اگر اکسیژن ملاءِ پیرامون به کمتر از ۳۰درصد میزان معمولی آن تنزل نماید، میتوکندریها حفره‌دار شده از بین می‌روند. (به‌شکل ۱۵ ــ در آخر کتاب مراجعه شود).

متأسفانه هنوز مدارك کافی به‌دست نیاورده‌ایم که به کمك آنها بتوانیم راه تشکیل میتوکندریها از ساختمانهای پرتوپلاسمی ابتدایی‌تر راکه درجریان رشد تکاملی ارگانیسمها صورت گرفته است، تجدید ساختمان کنیم.

این‌امر درمورد ساختمان داخل سلولی مهم دیگر، یعنی هسته، حتی بیشترصدق می‌کند. مدارکی که دربارهٔ تشکیل این ساختمان درجریان تکامل تدریجی ماده زنده، درآثار علمی، پیدا می‌شود، فوق‌العاده ناچیزاست. ازاین‌روانسان دراین زمینه به‌پیشداوریهایی برمی‌خوردکه علاوه براینکه به‌هیچ وجه اصولی متعارف نیستند، بلکه جداً هیچ اساس علمی ندارند. به‌نظرمن این عقیده که اسید دزوکسی ریبونوکلئیك ــ که یکی از مهمترین‌اجزای ترکیبی هسته است ـ همزمان باپیدا شدن حیات به‌وجودآمده و درواقع، «نخستین ملکول زنده» بوده است، یکی از این‌گونه پیشداوریهاست.

---

۱. اشاره به‌قانون‌فشارجزئی‌دالتون‌است. طبق‌این‌قانون‌فشار کلی‌یك مخلوط گازی(مخلوط دویا چندگازیا بخار) مساوی‌است با حاصل‌جمع‌فشارهای‌یك یك گازهای‌مخلوط‌درحالتی‌که هرکدام‌همان حجم تمام مخلوط را به‌تنهایی اشغال نماید. فشاری را که‌مخلوط گازی کلاً به ظرف خود وارد می‌سازد، فشارکلی و فشاری را که هریك از گازهای مخلوط به تنهایی و با اشغال تمام حجم مخلوط به‌ظرف وارد می‌کند، فشار جزئی می‌نامند.

این‌عقیده، طرفداران بسیاردارد ومی‌توان گفت‌که درآثار زیست‌شناسی رایج است . این عقیده بدون هیچ تغییر اساسی از نوشته‌ای‌برای دیگر نوشته‌ها، واز کتابی‌برای دیگر کتابهادرونویس می‌شود. اما تنها واقعیتی‌که بیان‌کنندگان این فکربرای توجیه عقیده‌شان پیش می‌کشند وجود تغییر ناپذیرآن درهمهٔ موجودات زنده است .

همان‌طورکه قبلادیدیم، این‌عمومیت منحصربه DNA نیست. این انتشارهمه‌جایی، همچنین درمورد بسیاری ازترکیبات‌دیگر، بویژه کوآنزیمهای DPN ، ATP ، CoA و غیره ، و نیز درمورد بعضی ازترکیبهای‌کامل ملکولها،مانندغشاهای سطحی‌لیپوپرتئینی صادق است . علاوه براین حتی سلسلهٔ بغرنج واکنشهای تخمیر الکلی‌یا لاکتیك، بخصوص حلقه‌های اتصالی‌قدیمیترآن نیزخصیصهٔ تغییرناپذیرکلیهٔ ارگانیسمهای‌کنونی راتشکیل می‌دهند. باوجود این، ما نمی‌توانیم فرض‌کنیم‌که این ترکیب پیچیدهٔ واکنشهای بسیارهماهنگ از همان مبدأحیات ظاهرشده و برای تشکیل آن نیازی به‌تکامل تدریجی طولانی موجودات زنده ابتدایی نبوده است .

همان‌طورکه قبلا دیدیم ، ازبعضی از دلایلی‌که زیاد مورد بحث قرارداديم برمی‌آيدکه نخستین چیزی‌که این سیستمها لازم داشتند، پوششی بودکه سیستم را از ملأ خارج جدا نماید و پس ازآن نیز به‌مکانیسمهایی احتیاج داشتندکه به‌کمکشان بتوانند واکنشهای اکسیدی احیایی را انجام دهند وانرژیی راکه بدین سان برای مقاصد سنتزی به‌دست می‌آوردند، بسیج‌کنند. این‌امر شالودهٔ رشد قوای صیانت ذات وخودباز سازی گردیدکه گرچه هنوزبسیار ابتدایی بود ، اما براساس تکرار مداوم رشته خاصی از واکنشها مبتنی بود .

ولی صرف‌نظر از اولیه‌تریـن مکانیسمهای متابلیك ، حتی مکانیسمهای دیرتر و با تکامل عالیتری همچون DPN ، ATP ، CoA از لحاظ شیمیایی قرابت زیادی به DNA نداشتند. هیچ یك ازاین مواد، شکل احیاشده ریبوز راکه جزء ترکیبی ویژهٔDNA است، دارا نبود .

هنگامی که‌پیچیدگی‌وکارآیی‌روزافزون‌مکانیسمهای‌متابلیك مستلزم هماهنگی زمـانی بسیار دقیق عده زیـادی از واکنشهای تخمیر وسنتز گردید ، آنزیمهای پرتئینی به‌وجودآمدند . برای فعالیت مؤثرآنزیمهای پرتئینی نظم وترتیب بسیاردقیق گروههای فعال اتمی، یعنی ساختمان مخصوص داخل ملکولی گویچهٔپرتئین لازم‌بود. ازاین حیث مکانیسمهایی مورداحتیاج بودندکه سازمان نهایی پلیمرهای غیراختصاصی اسیدهـای امینه سنتز شدهٔ درون سیستم را بتوانند تنظیم نمایند و بـدین ترتیب موجب پیدا شدن پرتئینهایی گردندکه حتی دراین مرحله نیز بافعالیت‌آنزیمیشان سازگار بودند .

با وجود این ، همچنان‌که برای هرکس‌که بادانه‌هـای ریبونوکلئیك باکتریال آشنایـی دارد ، و به‌وسیلهٔ آزمایشهای مربوط به داخل‌کردن‌اسیدریبونوکلئیك ویروسی به درون‌یاختهٔ زندهٔ بوتهٔ توتون نشان داده شده است ، روشن خواهد شد کـه نقش عمده اجرای این وظیفه بازهم برعهدهٔ DNA نیفتاده، بلکه برعهدهٔ RNA است. این ترکیب، مسیر سنتزپرتئینها واسیدهای نوکلئیك را کـه معمولا در گیاه پیش می‌آید ، تغییر می‌دهد و با تنظیم پیکربندی نهایی مواد حاصل ، موجب تکرار مـداوم تولید پلیمرهای جداً معینی می‌شودکه بازمینهٔ مربوط به اعمال سنتزی خودگیاه بیگانه‌اند .

فقط میلیونها سال پس از پیدا شدن حیات، یعنی هنگامی

که پیچیدگی سازمان اجسام زنده به‌میزان زیادی افزایش یافته بود ، و بدین‌جهت با انجام واکنشی واحد در داخل یك‌سیستم، حل‌رضایت‌بخش‌مسئله خودبازسازی‌کم‌و بیش دقیق سازمان مزبور امکان‌پذیر نبود ، ضرورت ایجاد مکانیسم جدیدی برای تضمین محافظه‌کاری ذاتی مادهٔ زنده به‌وجودآمد . DNA با اینرسی[1] زیاد متابلیك خودیك‌چنین مکانیسمی بود. بدین ترتیب می‌توان تصور نمود که پیدا شدن DNA فقط هنگامی ضرورت یافت کـه تکامل اجسام زنده ، تازه به یك سطح نسبتاً عالی رسیده بود .

این عقیده را لیندگرن Lindegren بارنگ‌آمیزی زیاد به شکل مقایسهٔ زیر مطرح ساخت : او می‌نویسد کـه ارتباطات الکتریکی البته برای شهری بزرگ مانند شیکاگو مطلقاًضرور است ؛ اما این بدین معنی نیست کـه پیش از این هیچ شهری بدون چنین‌ارتباطی‌نمی‌توانست وجود داشته باشد یا توسعه‌یابد. به همین ترتیب DNA برای موجودات زندهٔ با تکامل فوق‌العاده عالی‌که اکنون وجود دارند ، لازم است . اما این ضرورت ،از پیچیدگی زیاد سازمان آنها ناشی شده است . همان‌طورکه قبلا دیدیم ، موجودات ابتداییتر می‌توانستند رشدکنند و با استفاده از مکانیسمهای فاقد DNA تـا پایان دوران کامل حیات خـود به‌زندگی‌ادامه‌دهند. ضرورت این ترکیب فقط ناشی ازدشواریها و تناقضهایی‌است‌که تکمیل‌شکل بسیار متغیر سازمان اجسام‌زنده پدیدآورده بود. بنابراین ، منشأ DNA را نباید به‌مثابهٔ تصادفی تصور نمودکه همزمان باپیدا شدن حیات برروی زمین رخ داده باشد ؛ بلکه باید آن را در مرحله‌ای‌کاملا عالی از تکامل مـادهٔ

---

1. Inertia . اینرسی عبارت است از تمایل اجسام‌به‌حفظ حالت سکون (اگر در حالت سکون نسبی باشند) یا حرکت یك‌نواخت خود در امتدادیك خط مستقیم .

زنده، یعنی در قاعدهٔ شاخهٔ تکاملی «درخت حیات» که موجودات با سازمان عالی از آن برخاسته و به‌زمان ما رسیده‌اند، جستجو کرد .

می‌دانم که شرح این گونه عقاید ممکن است به گمان بسیاری از علمای ارتدکس علم وراثت، بدعت‌گذارانه بنماید و بدین‌جهت مرا تکفیر کنند. اما تحلیل بی‌تعصب از کلیهٔ مطالبی که در این فصل راجع به‌نخستین دوران تکامل حیات گفته‌ام‌مرا معتقد ساخته است به اینکه نتایجی که گرفته‌ام گریز ناپذیرند.

البته‌ساختمان داخل‌ملکولیDNA مانندساختمان‌پرتئینهاو RNA بایستی در طی‌مدتی دراز تکامل یافته باشد و بازهم بهتر با وظیفهٔ عملی خود یعنی انتقال خصوصیات وراثتی ، سازگار شده باشد. اما ساختمانهای‌چند ملکولی‌ای که از DNA ساخته‌شده‌اند بایستی از این لحاظ نقش مهمی بازی‌کرده باشند. این‌امر برای توزیع متساوی DNA در تقسیم سلول اهمیت ویژه‌ای داشت . ما این سازماندهی فضایی را در یك سطح نسبتاً پست‌تکاملی ، در باکتریها وجلبکهای آبی‌سبزمی‌یابیم. درآنها برخلاف سلولهای با سازمان عالیتر ، مواد هسته فقط در مرکز پرتوپلاست به‌شکل اجسامی کروی یا پیچ خورده مرکب از DNA و دارای خواص شیمیایی خاص خود هسته ، مرتب شده‌اند . اما این اجسام از لحاظ ساختمانی بدین سبب باهستهٔ شاخص سلول ارگانیسمهای عالی مطابقت ندارندکه فاقد افتراق ساختمانی داخلی خاص دستهٔ اخیرالذکرند (یعنی ساختمانهای متفاوتی که دارای‌وظایف عضوی‌مختلفی‌باشند درآنها وجود ندارد ـ م.) و از سیتوپلاسم پیرامونشان به وسیلهٔ یك غشای قابل رؤیت مجزا نمی‌شوند . هنگامی که یاخته‌های باکتریها و جلبکهای آبی سبز تقسیم می‌شوند، احتمالا یك‌تقسیم ساده مواد هسته برای تولید دوسلول

نوزاد پیش می‌آید .

نقشی که توسط ساختمان داخلی هسته ایفاشد باپدید آمدن جفتگیری تك یاختگان ــ بخصوص از لحاظ پروسه جنسی ــ اهمیت بیشتری کسب کرد . با ظهور این پروسه ، مسئله توزیع درست مواد هسته به‌نحو بی‌مانندی پیچیده‌تر گردید. این امر به‌تشکیل سازمان نو و به‌طور حیرت‌انگیز ظریف و دقیق هسته منجر گردید که اکنون قادر به تقسیم غیرمستقیم (میتوز) است . این سازمان طبعاً فقط در جریان تکامل تـدریجی وممتد بعدی مـوجوداتی می‌توانست تکمیل شود که قبلا به‌یك مرحلهٔ کاملاعالی تکامل رسیده بودند .

بنابراین درپایان این فصل به‌این نتیجه می‌رسیم که برای پیداشدن یاخته به‌صورت کنونی آن که معمولا آن را عنصر بسیار ابتدایی وحتمی حیات می‌دانیم، اقلامدت زمانی برابر نصف عمر حیات در روی زمین لازم بود .

۴ تکامل تدریجی بعدی حیات

Nunc ea quae sentire videmus cumque necessest
Ex insensibilus tamen omnia confiteare
Principüs constare

Lucretius - De rerum natura ۱

جهتهای گرایش عمومی تکامل تدریجی بعدی حیات

ما تاکنون ساختمانهای داخلی دارای جزئیات زیاد و سیستمهای بغرنج متابلیك اجسام زنده، یعنی‌راههای سازمانبندی زمانی و مکانی آنها راکه در نیمهٔ اول عمر حیات رشد یافتند ، بررسی کرده‌ایم . ساختمانها و سیستمهای مزبور در طی تکامل تدریجی بعدی چنان خود را مناسب نشان دادندکه در تمام‌نیمهٔ دوم تکامل حیات هیچ تغییر اساسی نیافتند . به‌رغم این حقیقت که جهان موجودات زنده باسرعت فوق‌العاده زیادی تکامل یافته وگروه بی‌نهایت متنوعی از میکربها ،گیاهان و جانوران را پدیدآورده‌است، ساختمانهاوسیستمهای مزبور به‌طرق گوناگون، فقط تکمیل شدند و تا زمان خودمان به مثابهٔ شکل عام وحتمی سازمانبندی همهٔ موجودات زنده باقی ماندند .

---

۱ . اکنون باید بپذیری‌که هرچه حساس می‌نماید ، مرکب ازاتمهایی است‌که با وجود این غیرحساس هستند . لوکرسیوس ـ درباره طبیعت اشیا .

خواص ویژه‌ای در کلیهٔ موجودات زنده یافته می‌شود که به‌اشکال سازمانبندی مزبور بستگی‌دارد و نتیجهٔ مستقیم آنهاست. نخست ، قابلیت جذب انتخابی مواد از ملأ پیرامون و دفع محصولات متابلیسم بدان محیط است. سپس نیروی نمو، تکثیر، خود بازسازی ، انتشار وجابه‌جایی ، و سرانجام واکنش‌جوابی ارگانیسمها به تأثیرات خارج ، یعنی قابلیت تحریکی آنهاست که صفت مشخصهٔ هرموجود زنده است .

همه خصیصه‌های مزبور به درجات مختلف در هرموجود زنده‌ای‌که امروز می‌شناسیم ، دیده می‌شوند و روی هم رفته موجودات زنده را ازلحاظ کیفی از اشیای جهان غیرآلی‌متمایز می‌کنند . بنابراین باید دریافت که آشنایی به جزئیات این خواص برای شناخت طبیعت‌اصلی حیات ضرور است. اما آشنایی ما باآنها هنوز به‌قدرکافی‌کامل نیست‌که بتوانیم این طبیعت‌اصلی راکاملا بشناسیم .

نخستین دوران تکامل تدریجی بیولوژیك ، که قبلا آن‌را بررسی‌کردیم فقط قسمتی از «خط‌حیات» است‌که در فصل اول این‌کتاب ازآن سخن به‌میان‌آمد. مسلماً تکامل حیات درپایان دوران مزبور تمام نشد ، بلکه به‌عکس باسرعت بیشتری ادامه یافت و در مراحل بعدی هم در مجرای واحدی جریان پیدا نکرد ، بلکه در امتداد مسیرهای پرانشعابی گسترش یافت . در امتداد این خط سیرهای تکامل تدریجی ، کیفیتهایی نو پدید آمدندکه در نخستین دوران تکامل حیات نبودند و حالا درتمام جهان زنده وجود دارند. اما اگر بخواهیم‌که تصویری واقعی‌و کامل از حیات ترسیم‌کنیم ، نمی‌توانیم آنها را ندیده بگیریم .

واضح است‌که برعهده‌گرفتن‌یك‌تحقیق‌کامل و مفصل‌راجع به همهٔ این‌کیفیتها در این کتاب به‌کلی‌ناممکن است . حتی

ضرورت ندارد که این کار انجام شود ؛ زیرا یک چنین تحقیقی قبلا در عده‌ای از کتابهای تخصصی شده است . در اینجا ما فقط در جهتهای تمایل عمومی تکامل تدریجی و بعدی حیات تأمل می‌کنیم و توالی و طرز تکامل ذاتی این کیفیتها را مورد توجه قرار می‌دهیم .

استحکام روزافزون وحدت ارگانیسم و محیط

در فصل اول این کتاب ماتوجه خویش را به تأثیرمتقابل ویژه و به‌روشنی قابل مشاهدهٔ ارگانیسم و محیط آن معطوف ساختیم که می‌تواند به‌مثابهٔ وحدت منطقی آنها توصیف شود ؛ و همچون رشته سرخی نیز در طول تمام دوران تکامل حیات بر روی زمین کشیده می‌شود . استحکام این وحدت و برقرار شدن حلقه‌های ارتباط جدید بین ارگانیسم و مناطق هرچه دورتر جهان خارج ، وبه موازات این امر ایجاد وضعیتی که‌ارگانیسم به واسطه‌آن می‌توانست درحدود گسترش یابندهٔ تغییرات شرایط محیط باقی بماند، نشان‌دهندهٔ سمت گرایش‌اساسی تکامل بیولوژیکی هم در نخستین دوران تکامل حیات ــ که قبلا بررسی شد ــ وهم تمام دورانهای بعدی بوده و هست .

ولی‌استحکام و گسترش روزافزون این حلقه‌های ارتباطی بین ارگانیسم و محیط‌آن فقط با خصوصیت یافتن وافتراق‌آنها عملی می‌توانست شد .

البته این درست است که هرچیز ابتدایی‌جهان غیرآلی، مثل یك دانه ریگ ، به‌تمامی دنیای پیرامونش مرتبط است . این دانه ریگ ، براثر نیروی جاذبه ، نه‌فقط به سوی ریگهای مجاورش، بلکه به طرف سیارات، خورشید، وستارگان دورتر، و اجسام کیهانی جذب می‌شود. اما این ارتباط عام است وخاص

نیست واین موجب می‌شود که خصوصیت کمتری پیدا کند . افتراق بسیار عالیتر و بدین جهت تکامل یافته‌تر آن ، افتراقی است که بین یك میکرب و آبگوشت غذایی پیرامونش وجود دارد و مواد مورد احتیاج خود را از محیط مزبور بطور انتخابی می‌گیرد و محصولات متابلیسم خویش را از آن می‌سازد . اما حتی این حلقه‌های ارتباطی که بسیار عالیتر از حلقه‌های ارتباطی جهان غیرآلی افتراق یافته‌اند نیز ذاتاً منحصر به منطقه بسیار محدودی از فضا است که با میکرب تماس بلافصل دارد .

با پیشرفت تکامل حیات ارتباطات بین ارگانیسم و دنیای خارج نیز مستحکم شد و گسترش یافت تا آنجاکه براساس یك افتراق وسیع به آن درجهٔ بسیار عالی سازمانبندی رسید که فقط در موجودات زندهٔ با تکامل بسیار عالی دیده می‌شود .

فیزیکدان مشهور روسی، ن. اوموف N. Umov درآغاز این قرن نوشت : «پیش خود تصور کنید که پنج میلیارد دانه تسبیح روی سطح زمین پراکنده شده باشند . آنها نسبت به زمین همان قدر کوچکند که دانه‌های ریگ نسبت به بیابان. فرض کنید روی هریك از این دانه‌های تسبیح ، نقشهٔ مینیاتوری این آسمان ، همراه با میلیونها ستاره‌ای که آن راروشن می کنند رسم‌شده باشد. بازفرض کنید که هردانهٔ تسبیح نه فقط به یك صورت فلکی این نقشه مربوط می گردد ، بلکه محور خود را اول به یك نقطه ، و بعد به‌نقطه‌ای دیگر از آسمان می گرداند . این گوی کوچك اشیا را از فاصلهٔ بسیار زیاد تشخیص می‌دهد. این یك‌فانتزی یا یك افسانهٔ پریان شرقی نیست . این دانه‌های تسبیح چشمان انسانها هستند که برروی زمین پراکنده‌اند .»

بدین‌سان‌هیچ‌شك نیست که گرایش عمومی‌تکامل، پیشروی در جهت استحکام ارتباطات بین‌ارگانیسم و دنیای خارج‌است؛

و به صورت ویژگی یافتن و افتراق روزافزون ایـن ارتباطات تظاهر می‌کند. اما، این افتراق فقط در صورتی حاصل می‌شود که افزایش مداوم پیچیدگی ساختمان سیستمهای زنده در میان باشد. در واقع اگر تاریخ تکامل حیات را با تعقیب راه گذر از اشکال پستتر به عالیتر مطالعه‌کنیم ، زود متقاعد خواهیم شد به‌اینکه پیشرفت مادی حیات عبارت ازافزایش‌پیوستهٔ پیچیدگی اجسام زنده است . و این افزایش پیچیدگی با افتراق اجزای ارگانیسم و تخصص یافتن آنها همراه است که موجب مـی‌شود تمامی سیستم زنده اعمال عضوی خاصی انجام دهد و ارتباطـات بیشتری با محیط برقرار نماید .

ما تاکنون حتی در ارگانیسمهای تك یاخته نیز با چنین افتراقی مواجه شده‌ایم. بدین ترتیب که تك‌یاخته نخست صورت اندامکهای‌ابتدایی‌را به‌خود می گیرد وسپس‌به‌صورت اندامکهایی با تکامل عالیتر وپیچیده‌ترمتظاهر می‌شود. این افتراق درحیطهٔ یك تك یاخته از خیسه Infusoria ها به عالیترین مرحلهٔ تکامل می‌رسد . زیرا در آن علاوه برهسته و اندامکهای معمولـی ، واکئولهای (Vacuoles) تغذیه‌ای ودفعی‌مخصوص‌مژکهای‌حرکتی (Locomotor cilia) و غیره می‌توان یافت .

افتراق وسازمانبندی

اما امکانها برای توسعهٔ این‌نوع افتراق درموجودات تك یاخته بسیارمحدود بود. این افتراق تنهاهنگامی توانست توسعهٔ اساسی‌یابدکه پروسهٔ‌تخصص‌یافتن به‌جای‌آنکه فقط‌شامل‌قسمتهای جداگانهٔ پرتوپلاسم‌یك‌سلول گردد، سلولهای‌کاملی‌را دربر گرفت که برای تشکیل یك دستگاه متحد شدند. نمونهٔ ابتدایی چنین دستگاه زنده‌ای را در سطح سلولی سازمانبندی اسفنجها به‌وجود

آورده‌اند. برخلاف خیسه‌ها و پرتوزوئرهای دیگر که درآنها یك سلول واحد همهٔ اعمال حیاتی را انجام می‌دهد ، ما اکنون در اسفنجها بین سلولهای ویژه‌ای که برای انجام اعمال خاصی مثل تغذیه و حفاظت و تکثیر تخصص یافته‌اند ، تقسیم کار می‌یابیم . بدین ترتیب، در اسفنجها افتراق سلولی هست اما هنوز هیچ یا تقریباً هیچ هماهنگی سلولی وجود ندارد که به تشکیل بافت منجر شود .

ما چنین هماهنگی را در موجودات زنده‌ای می‌یابیم که به سطح عالیتر سازمانبندی بافتی رسیده‌اند و ساده‌ترین نمونه‌اش هماهنگی مربوط به کیسه تنان (Coelenterates یا کاواکان)[1] است ، هرچند که دراین مورد بازیك تقسیم معین کارمیان سلولها وجود دارد. این یاخته‌ها مرتب شده وبه‌شکل بافتهای کم و بیش متحدالشکلی ترکیب یافته‌اند که واقعاً عهده دار اجرای اعمال عضوی ویژه‌ای هستند.

مرحلهٔ بعدی تکامل عبارت ازسطح عضوی سازمانبندی است که نمونهٔ آن ، موجودات زنده‌ای هستند که اندامهای متمایز ، یعنی واحدهای عملی مرکب ازدویاچند نوع بافت مختلف دارند. کرمهای پهن را می‌توان ساده ترین مثال موجوداتی ازاین گونه شمرد. درسطح بازهم عالیتر سازمانبندی ، بـه اصطلاح دستگاهی ترکیبی ازچند اندام را می‌یابیم که بایکدیگر همکاری می کنند تا دستگاههای عملی جداگانه را تشکیل دهند . درتحلیل آخر این راهی است که کارآیی ومیزان هرچه بیشتر هماهنگی همهٔ دستگاههای عملی یك ارگانیسم پریاخته منفرد به کمك آن تأمین شده است .

با انتقال به هرمرحلهٔ عالیترسازمانبندی، اتحاد ارگانیسم با محیطش بیشترمی گردد؛ ولی درعین حال دشواریهایی به‌وجود

---

۱ . به زیر نویس صفحهٔ ۳۳۲ مراجعه شود.

می‌آیدکه فقط با افزایش بیشترپیچیدگی سیستم زنده برطرف می‌شود . ما این امررا قبلا دربررسی خود راجع به نخستین گامهای رشد تکاملی ابتدایی‌ترین موجوداتی که هنوز درحال تشکیل یك سازمان داخل سلولی بودند، دیده‌ایم . مثلا، افزایش شمارهٔ اتصالهای رشته متابلیسم ، در حالی که از اتلاف انرژی توسط سیستمهای زنده می‌کاست دشواریهای بزرگتری در راه هماهنگی دقیق واکنشها نیز ایجاد می‌کرد . این چنین هماهنگی فقط می‌توانست با پیدا شدن کاتالیزرهای اصلاح شدهٔ پرتئینی ، یعنی آنزیمهایی باویژگی زیادشان تأمین‌شود. افزایش اجتناب‌ناپذیر حجم‌وهمراه باآن‌ازدیاد پیچیدگی ساختمان ارگانیسمهای‌زنده، رابطهٔ بین حجم مزبور وسطحی راکه ارگانیسم به‌وسیله آن می‌توانست برملأ پیرامون تأثیر متقابل داشته باشد، برهم زد . این امر سیستم زنده را از دسترسی به‌مواد و نیز دفع‌آنها باز می‌داشت ، برای غلبه براین دشواری چین خوردن غشای سطحی وتشکیل یك تورینهٔ درون پلاسمی لازم‌آمد . پروسه‌هایی مانند فتوسنتز وتنفس به‌تنظیم فضایی دقیق حلقه‌های اتصالی منفردخود احتیاج‌داشتند واین‌نیاز درجریان‌تکامل‌تدریجی باتشکیل‌پلاستیدها ومیتوکندریها برآورده شد .

نیاز به‌حل مسئلهٔ خود بازسازی دقیق دستگاههای‌زنده در شرایط پیچیده شدن روز افزون سازمان متغیرشان موجب شدکه مکانیسمهای ثابت نگهدارندهٔ جدیدهستهٔ سلول به‌وجودآیند ورشد یابند .

این امر در مورد تکمیل بعدی سیستمهای پرياخته حتی شدیدتر صدق می‌کند. ازموقعی که تك‌تك سلولهای چنین‌سیستمی برای مقاصد اختصاصی باهم فرق پیداکردند ، احتیاج مبرمی به‌نقل مواد بین سلولها پیش‌آمد. این مسئله با پیداشدن یك ملأ

بین سلولی، وبعداً با تشکیل مکانیسمهای نقلیهٔ ویژه حل گردید. مکانیسمهای مزبورموجب شدندکه مواد بسیارسریعتر اززمانی که سلول بهسلول نقل مکان می‌یافتند، درامتدادآنها منتقل شونـد . بدین ترتیب هرچه انـدازهٔ موجود زنده بزرگتر و پیچیدگی ساختمانی‌آن بیشترمی‌گردید، احتیاجش بهچنین وسیله‌ای بیشتر می‌شد .

این‌امر برای تشکیل راههای انتقال‌مواد درگیاهان‌عالی، آوندآبکش (Xylem) وآوند چوبی (Phloem) ، ودر جانوران مبنای تشکیل دستگاههای گردش خون ولنف گردیـد . جریان خون ولنف که‌سلولها درآنهاشناورند محیط‌داخلی‌بدن‌را می‌سازد ومواد غذایی دنیای خارج بهطور غیرمستقیم ، یعنی پس از آنکه در یك دستگاه مخصوص گوارش متحمل اعمال تـدارك مقدماتی شدند، داخل‌آن‌می‌کردند. به‌علاوه‌اکسیژن ازریه‌ها به‌این‌محیط داخلی رسانیده می‌شود و محصولات نهایی تجزیه مواد به‌وسیلـه دستگاههای دفعی مخصوص دفع می‌گردند .

البته پروسه‌گوارش حتی به‌وسیله موجودات تك یاخته ، مانند خیسه‌ها در حفره‌های گوارشی آنها عملی می‌شود . اما فقط تکامل‌تمام دستگاه‌گوارش جانوران‌پریاخته، به‌انضمام‌عده‌ای ازغدد تولیدکنندهٔ آنزیمها واندامهای پیچیده دیگربودکه پروسه هضم مواد غذایی را امکان پذیرساخت. پروسه‌ای که برای جذب افتراقی مواد غذایی‌ضروراست وموجب‌می‌شودکه موجودات‌عالی بتوانند دربرابر تغییرات‌شرایط خارجی مافوق‌طاقت تك‌یاختگان تاب بیاورند وزنده بمانند .

گام دیگر این نوع رهایی ارگانیسم از بنـدهای شرایط خارجی، پیدا شدن ثبات دقیقاً نظارت شدهٔ محیط داخلی بودکه ما درجانوران خونگرم می‌یابیم . درمحیط داخلی این‌جانوران

نه‌تنها درجه حرارت بدون توجه به‌شرایط خارجی و در سطحی ثابت نگهداشته‌می‌شود، بلکه‌همچنین سطح‌اسیدیته، غلظت‌اکسیژن و دی‌اکسید کربن، ومحتوی قند واسید امینه، نسبت بین فسفات‌و کلیسم وغیره جداً استاندارد می گردد. این‌امرجانوران‌خونگرم را قادر می‌سازدکه درحدود بسیار وسیع تغییرات شرایط‌خارجی زنده بمانند . بااین حال، این امر بـه ایجاد سیستمهای تنظیم کنندهٔ جدید وفوق‌العاده پیچیده‌ای احتیاج داردکه درآنها نقش عمده را دستگاه عصبی وغدد ترشحی داخلی ایفا می کنند. دراین دستگاهها مکانیسمهای گیرنـده مخصوص ، هرانحراف از حالت عادی را ثبت می‌کنند و علامت مناسب را به‌وسیلـهٔ راهی بسیار پیچیده به‌عضوی می‌رسانندکه تعادل برهم خورده را به‌حالت اول بازمی گرداند

چندان ضرورت گفتن نداردکه این راه دور ودرازتکمیل دستگاههای‌زنده‌موجب‌رشدخواص کیفی‌جدیدی‌شدکه‌درموجودات جلوتر وابتداییتر وجود نداشت .

اما وقتی کلمه‌ای را به‌کار می‌بریم‌که خواص و پدیده‌های مختلف را شامل می‌شود ، غالباً متمایل به نادیده‌گرفتن تفاوتها می‌شویم؛ و این امرمشکل بتواند به‌فهم موضوعهای تحت مطالعهٔ ماکمك‌کند. مثلا ، ما اصطلاح منحصر به‌فرد «تکثیر (Multipli-cation) » را بـه معنای ازدیاد شمارهٔ نوترونها در يك واكنش هسته‌ای ، وبه‌معنای ازدیاد باکتریها از راه تقسیم ساده ، و نیز به‌معنای افزایش شمارهٔ جمعیت بشراز راه توالد به‌کار می‌بریم. اما بین این پدیده‌ها از لحاظ اصول ، فرق‌کیفی هست . البـته تقسیم سلولهای باکتریال، برخلاف واکنش ساده اتمی، يك‌كنش تجزیه‌ای مقدماتی نیست. این امرشامل يك سلسله رویداد است که ابتدا منجر به‌رشد سیستم زنده می‌شود و سپس به‌طریقی کـه

بخشهای جداگانه سازمان متابلیك وساختمانی قبلی خودراحفظ می کنند، موجب تقسیم آن می گردد.

همین‌طورهم تکثیر انسانها با تکثیر باکتریها فرق دارد. به‌استثنای منشأحوا که دندۀآدم بود- چنانکه درتورات شرح آن آمده است - هیچ موردی نمی‌شناسیم که درآن کسی به‌صورت یك ارگانیسم بالغ از راه تقسیم ساده یا جوانه زدن تولید مثل نموده باشد .

برای تولیـد یك انسان پروسه‌ای جنسی ، آمیزش گامتها برای تشکیل یك زیگوت Zygote ، یعنی گشنیده شدن یك تخم ضروراست . بـه‌دنبال پروسه جنسی مزبور، پروسه بغرنج رشد انتوژنتیك[۱] تخم پیش می آید . درمراحل خاصی ازاین رشـد ، تغییرات کیفی‌درمتابلیسم صورت‌می گیرد واین‌تغییرات درسلولهای مختلفی که از راه تقسیم پدید می آیند، بـه‌اقسام‌مختلف‌است. این تغییرات موجب‌افتراق‌دائماً متزایدسلولها ، بافتها و انـدامها و شبیه تغییراتی است که باافزایش تدریجی‌پیچیدگی‌ارگانیسمها درجریان رشد فیلوژنتیك[۲] رخ می‌داده‌است. کاملا روشن‌است که

---

۱ و ۲. Ontogenesis یا Ontogeny یا Ontogenetic development رشد فردی موجودات زنده را که ازگشنیده شدن تخم تا به‌وجود آمدن یك موجود کامل است ، انتوژنی یا انتوژنز می‌نامند . هرموجود زنده درجریان نموجنینی خود وگذرازحالت تك‌یاختگی به‌پریاختگی ساده وپست و سپس به‌حالتهای عالیتر و بازهم‌عالیتر ، صورتهای‌کلی ساختمانی‌مراحل تکامل گذشتگان‌خویش را درمحیط رویانی‌خود باسرعت دائماً متزایدی طی‌می کند.مجموعه این‌مراحل نمو رشد **فردی** موجودات زنده است‌که بدان‌انتوژنزیا انتوژنی‌می گویند. درمقابل‌انتوژنز‌اصطلاح‌فیلوژنی (Phylogeny) یا فیلوژنز (Phylogenesis) است‌که به‌جریان تاریخی پیداشدن

بقیۀ پاورقی درصفحۀ بعد

درباکتریها چنین پروسه‌ای نیست ونمی‌تواند باشد؛ زیرا تمامی این تکامل حاصل تکمیل‌تدریجی وبعدی ساختمان موجودات پر یاخته است .

اما عیناً همان‌طورکه خصوصیات اساسی همهٔموجوداتزنده که دربالا آنها را برشمردیم ـ مستقیماً از متابلیسم و ساختمان اصلیشان مشتق شده‌اند، خصوصیات جدید هم‌که درجریان تکامل تدریجی پدیـد می‌آیند، می‌توانند متفرع از خصوصیات اساسی مزبورباشند . بنابراین به‌نظرما بسیار منطقی می‌نماید‌که پروسهٔ بعدی تکامل تدریجی دنیای زنده را برطبق‌طرح زیرـ هرچندکه یك طرح موقتی‌استـ مورد مداقه قراردهیم .

اکنون باید به‌بررسی یکایك خصوصیات اساسی موجودات زنده‌برحسب فهرستی‌که دربالاآمده است، بپردازیم . سپس سعی می‌کنیم خصوصیات‌کیفیتهایی راکه در جریان تکامل تدریجی از آنها ناشی شدند وفقط در موجودات مرحلهٔ عالیتر تکامل وجود دارند، مشخص نماییم .

جذب و دفع

اجازه دهیدکه ابتدا قدرت اجسام زنده درجذب انتخابی مواد ازمحیط و دفع مواد حاصل ازمتابلیسم‌آنها بدان محیط را بررسی نماییم. این قدرت‌که شالودهٔ تأثیرمتقابل موجود زنده‌و محیط‌آن است، وبنابراین برای شناخت حیات حداعلای‌اهمیت‌را

بقیهٔ پاورقی ازصفحهٔ قبل

انواع مربوط می‌شود . بدین‌ترتیب ، فیلوژنز هرنوع جانوری یا گیاهی تاریخی است بسیار طولانی که از ظهور ارگانیسمهای سادهٔ اولیه شروع می‌شود وبراثر تطور وافتراق انواع موجودات بعدی درطی یك تکامل تدریجی ممتد به پیداشدن نوع مفروض منجر می‌شود .

دارد، قریب یك‌صدسال است که تحت بررسی جدی است. ممکن است تصور شود که این خاصیت اجسام زنده که در نظر اول نسبتاً بسیار ساده می‌نماید، اکنون به‌حد کمال بررسی شده است. اما چنین نیست. مسئلهٔ به‌اصطلاح «قابلیت نفوذ سلول» هنوزهم حل‌نشده باقی‌مانده است. عقاید متضادی دربارهٔ آن بیان شده ومشاجرات تلخی راجع به‌آن جریان دارد .

یکی از دلایل اساسی این‌وضع، به‌نظر من این‌واقعیت است که درحال‌حاضر به‌جنبهٔ تکاملی این‌مسئله که برای حل درست آن ضرورت مطلق‌دارد، بسیارکم توجه‌می‌شود. غالباً فراموش‌می‌شود که‌ما، در تحقیقاتمان نه باسلول زنده به‌صورت عام‌آن، بلکه با موجودات بیولوژیك خاص‌درسطحهای‌مختلف‌رشد تکاملی‌سروکار داریم. آشکاراست که غفلت‌از اصل‌تکامل بایدبه‌درك نادرست مسئله وتناقضهایی چند منجر شود.

مردم عادت کرده بودندکه بکوشند ـ وهنوزهم گاهی سعی می‌کنند که قابلیت جذب ودفع انتخابی مواد را برحسب قوانین معمول فیزیکوشیمی‌انتشار، واسمز، وبرپایهٔ انواع مدلهای‌شیمی معدنی توضیح دهند. یك چنین شیوهٔ حل مسئله‌ای را درموردکار روی سیستمهای خاص‌کلوئیدی که‌پیش از پیدا شدن حیات وجود داشتند و حیات از آنها ناشی شد ، می‌توان تا حدودی به‌مورد دانست. اما حتی‌هنگام بررسی‌ابتداییترین موجودات نیز باید با احتیاط‌بسیارزیادپیش‌رفت. زیرا باپیداشدن‌حیات، قوانین‌جدیدی که مربوط به‌متابلیسم و ساختمان بیولوژیك بودند پدیدآمدند ؛ وهمان‌قوانین بعداً تمام پروسهٔ‌اصلاح متابلیسم واعمال‌اجسام‌زندهٔ ابتدایی، مخصوصاً جذب انتخابی مواد ازمحیط پیرامون‌راتعیین نمودند .

هنگام بررسی سلولهای بسیار افتراق یافتهٔ گیاهان ، یا

سلولهای عضلانی وعصبی جانوران، ویا چیزهای بیولوژیک‌مشابه دیگری که پس ازطی مسیرطولانی رشد تکاملی به‌ما رسیده‌اند، به‌یاد داشتن این‌عامل اهمیت بازهم بیشتری دارد. درجریان‌تکامل مزبور آن‌اشکال‌سازمانبندی و متابلیسم که صفات مشخصهٔ نخستین موجودات زنده را تشکیل می‌دادند، به میزان قابل ملاحظه‌ای بغرنجتر گردیدند و در بسیاری از موارد دستخوش تغییر کیفی شدند. ازاین‌رو به‌موفقیت هرتلاشی که برای ساده‌کردن مکانیکی همهٔ این پدیده‌ها تا حد به دست‌آمدن مخرج مشترک پروسه‌های مقدماتی فیزیکی و شیمیایی به عمل می‌آید، با اشکال می‌توان امید بست.

چنین تلاشی در دهٔ شصت قرن گذشته نیز صورت گرفت. این امر در اصل کوششی بود برای آنکه قابلیت جذب و دفع انتخابی‌مواد توسط موجودات زنده صرفاً برپایهٔ خواص‌ساختمانی کم وبیش‌ثابت غشای سطحی‌یاخته که پرتوپلاسم‌را دربرمی گیرد، توضیح داده شود؛ وبدین‌ترتیب اساس‌آن مرزجدا کنندهٔ جسم زنده ازمحیط باشد. تئوری مبتنی براین اساس را تئوری غشایی قابلیت نفوذ سلولی‌نامیدند. این‌نظریه هرچندکه ازلحظهٔ‌آغازش دستخوش تغییرات اساسی بسیاری شده‌است، موقعیت مسلط خود را تاکنون در آثار علمی حفظ کرده است. تئوری غشایی را به‌صورت اصلیش می‌توان به‌اختصار به‌قرار زیر فرمولبندی کرد:

اگرسلولی درمحلولی‌غوطه‌ور باشدکه مادهٔ محلول آن در سلول مزبور موجود نباشد، ویا اگرباشد غلظتش درداخل سلول کمترازغلظت‌آن درمحیط پیرامون سلول‌باشد، آن وقت این ماده براثر شیب غلظت به‌داخل سلول منتشر می‌شود. غشای سطحی سلول درمسیر انتشار قرارمی‌گیرد وبرطبق ساختمان داخلیش یا ممکن‌است این انتشار را به‌تأخیر بیندازد، یا کاملاً راه را سد

کند و بدین‌سان جریان انتخابی مواد را به‌درون و بیرون آن جلو بیندازد .

یك ورقهٔ فروسیانورمس که وسیلهٔ م ، تروب[1] به‌دست آمده است اولین نمونهٔ چنین غشای نیمه تراوا بود . این ورقه فقط به‌آب امکان عبورداد ولی مانع عبورهمهٔ موادمحلول درآن گردید از این رو پففر W. Pfeffer آن را بـرای ساختن اسمز سنج

---

۱ . اشاره به«سلول»مصنوعی‌تروب M.Traube است . تروب یك‌بلور سولفات مس‌را درمحلول آبی فروسیانورپتاسیم گذاشت . بر اثر این عمل در سطح مجاورت بلور با محلول یك غشای فروسیانورمس‌تشکیل می‌شود که درآب نامحلول است . این کیسه یـك غشای نیمـه تـراوا (Semipermeable membrane) است ، یعنی فقط آب می‌تواند از آن عبور کند . با تشکیل این غشا آب محتوی محلول‌فروسیانور پتاسیم به‌درون کیسهٔ دوربلورسولفات مس داخل می‌شود . پس از مدتی قدری آب در داخل کیسه جمع می‌شود و قسمتی از بلور سولفات مس را حل می‌کند و بر کیسه فشار می‌آورد . اما چون کیسهٔ مزبور قابلیت ارتجاعی ندارد ، پاره می‌شود ودرنتیجهٔ این‌امر محلول مس درون آن به‌بیرون راه می‌یابد . ولی به محض آنکه محلول سولفات مس در مجاورت فروسیانورپتاسیم قرارگرفت بازباآن ترکیب می‌شود وحاصل‌این ترکیب غشای جدیدی ازفروسیانورمس است که محل پارگی کیسه را می‌بندد . در نتیجه ، کیسه بزرگتر می‌شود و حجم آن بیشتر می‌گردد . بدین ترتیب بر اثر تکرار این اعمال ، کیسه پیوسته بزرگتر شده نمومی‌کند و شکل و اندازهٔ معینی به‌خود می‌گیرد . تروب تصور می‌کرد که این کیسه که «سلول» مصنوعی نامیده شد ، نموسلول‌زنده واقعی راتقلید می‌کند وازاین‌رو بررسی مدل‌مزبور امکان می‌دهد که به‌علل فیزیکوشیمیایی نمو پی‌ببریم -م.

Osmometer خویش به‌کار برد و به کمك آن کوشید تامسائل جذب آب و تغذیه گیاهان را از راه ریشه‌هایشان حل کند. اما نتایجی که بدین‌طریق به‌دست آمدند برای اثبات قوانین‌عمومی‌فیزیکو- شیمی انتشار مواد محلول که توسط وانت هوف Van't Hoff فرمولبندی شده بودند؛ ارزش بیشتری داشتند تابرای حل‌مسائل زیست شناسی.

البته این یك تصورقبلی (a priori) واضحی بود که علاوه بر آب مواد دیگری نیز باید ازمحیط به‌سلول داخل شوند. بدین جهت ، در مطالعات زیست شناسی از غشاهای تراوا به اصطلاح «انتخابی» که به‌مواد مورد لزوم سلول درصورت حل شدن در آب امکان عبور داده‌اند. استفاده وسیعتری به‌عمل آمده است . بویژه سلوفان Cellophane ، کیسه‌های‌کلودیون Collodion وورقه‌های مشابه‌دیگری در بسیاری از آزمایشهای‌نمونه، به‌مثابهٔ چنین‌غشاهایی مورد استفاده واقع شدند . قابلیت نفوذ آنها به‌اندازهٔ مسامات داخل آنها بستگی داشت . بدین ترتیب غشاهای مزبورمثل الك عمل می‌کردند و به‌مواد دارای وزن ملکولی‌کم راه می‌دادند ؛ ولی از عبور ملکولهای بزرگی که نمی‌توانستند از میان مسامات مزبور بگذرند ، جلوگیری می‌کردند .

ملاحظات مشابه دیگری که درموردقابلیت نفوذ«ورقه‌های» طبیعی ، از قبیل جدار روده و ورقه‌های پیاز، و غیره به‌عمل آمد نادرستی یك‌چنین قیاسی رابه‌زودی معلوم کرد وهمچنین نشان‌داد که دربعضی از موارد ، اندازهٔ ملکول درتعیین این امر که آیا ملکول مزبور می‌توانست به‌داخل سلول نفوذکند یا نه ، آن‌قدر اهمیت نداشت که مقدار به‌اصطلاح ضریب پخش، یعنی نسبت‌قابلیت انحلال مادهٔمخصوص درچربی به‌قابلیت انحلال همان‌ماده درآب اهمیت داشت . هرچه قابلیت انحلال مادهٔ موردبحث درلیپیدها

بیشترمی‌شد، آن ماده‌آسانتر به‌داخل سلول راه می‌یافت ؛

این‌امر طبعاً به‌تضمن لیپیدهادرساختمان غشای سلول‌ارتباط داشت. این‌غشا همان‌طور که قبلا دیدیم به‌ساندویچی می‌مانست که از لایه‌های پرتئین ولیپید درست‌شده‌باشد. اما برای‌توضیح سهولت ورودآب وبعضی ازمواد محلول درآن به‌داخل سلول لازم آمد که بافرض‌یك ساختمان موزائیك مانندبرای غشای سلول، پیچیدگی بیشتری‌برای‌آن اندیشیده شود. گمان می‌رفت که موادهیدروفوب Hydrophobe باحل شدن درغشای لیپیدی سلول به‌درون آن راه می‌یافتند ؛ درحالی که ترکیبات‌محلول درآب از راه منفذهای هیدورفیلی که در غشا رسوخ کرده بودند ، داخل سلول می‌شدند.

باوجود این حتی همین تئوری غشایی دربارهٔ بسیاری از پدیده‌هایی که مشاهده می‌شدند نمی‌توانست توضیح مناسبی بدهد وازاین‌رو بسیاری ازمصنفان معاصر(مانند د.ساپینین D. Sopinin د. ناسونوف D. Nosonov ا. تروشین A. Troshin و دیگران) این را انکارکرده‌اندکه خود ساختمان غشای سلول عامل قاطعی است ودرمورد قابلیت جذب ودفع هرماده مخصوص توسط اجسام زنده تأثیرمی‌کند. آنان عقیده دارندکه این‌قدرت ظاهری خواص فازی[1] تمام پرتوپلاسم است و فقط باتوجه به‌طبیعت‌کوآسرواتی پرتوپلاسم می‌توان آن راشناخت .

بنابراین‌آنان دربررسی مسئلهٔ دخول مواد به‌سلول، تکیهٔ عمده رابرقدرت غشای سلول درعبوردادن هرمادهٔ مخصوص ازراه خود غشا نمی‌نهند ، بلکه بیشتر روی قابلیت پرتوپلاسم درجذب

---

۱. درشیمی ، به‌جزئی از اجزای یك مخلوط ناهمگن (یا ناهمجانس) فاز Phase گفته می‌شود ، مثلا مخلوط آب ویخ رایك سیستم دوفازی می‌نامند درصورتی‌که آب نمك یك سیستم یك فازی است .

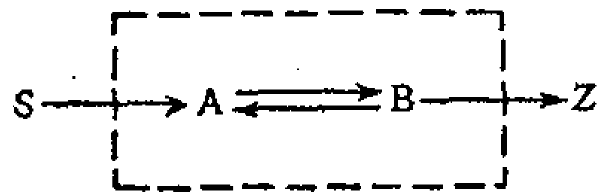
این مـواد از ملاء پیرامون، یعنی روی خواص جذبی آن تأکید می‌کنند که ممکن است به‌عنوان‌ضریب تسهیم بین پرتوپلاسم وملاء پیرامون بیان شود.

تروشین منحنیهایی برای پخش مواد مختلف بین‌قطره‌های کوآسروات مصنوعی ومخلوطهای تعادلشان به‌دست‌آورده ونشان داده است که این منحنیهای پخش موادمزبوربین پرتوپلاسم زنده ومحلول پیرامون شباهت بسیار دارند.

بنابراین حتی‌قطره‌های کوچك وساده کوآسروات ابتدایی که قبلاآنهارا به‌عنوان پیش‌گامهای اجسام زنده پذیرفتیم، بایستی تا اندازه‌ای مانند پرتوپلاسم‌کنونی دارای قدرت جذب انتخابی مواد ازملاء پیرامون بوده باشند. البته چنین تشابهی‌حتی‌هنگامی که این‌قطره‌ها مانندقطره‌های بونگنبرگ دویونگ دارای‌غشاهای لیپوپرتئین‌شدند، به‌قوت خود باقی‌ماند. امابین این اشیاکه پیش ازپیدا شدن حیات بودند و ارگانیسمهای نخستین، تفاوتی‌قهری و اساسی وجـود داشت. چه قبلیها «سیستمهای ساکن (Static systems) ولی بعدیها «سیستمهای مـاندگار» (Stationary systems) بودند. درآزمایشهایی که‌راجع به‌دخول‌مواددرقطره‌های کوچك کوآسروات مصنوعی به‌طریق معمولی انجام شده‌اند همیشه یك تعادل انتشار معین بین قطره‌ها و محلول پیرامون بـه‌سرعت برقرار گشته است.

جسم زنده برعکس، هرگز نمی‌تواند به‌چنین‌تعادلی برسد. سلولی که درتعادل‌کامل بامواد محلول درملاء خود باشد، سلول مرده‌ای است، بنابراین به‌هرپرسش راجع به‌اجسام‌زنده،به‌ویژه به‌هرسؤال که‌به‌توانایی‌سلولها از حیث جذب و دفع انتخابی مواد مربوط‌می‌شود، فقط درپرتو شناخت متابلیسمی که در داخل‌آنها جریان دارد می‌توان پاسخ داد.

ما قبلا نشان دادیم که نخستین گام درراه تشکیل سیستمهای زنده پیداشدن واکنشهایی برطبق طرح زیربوده است :



دراین‌مورد مقدارماده A که درسیستم موجوداست و ازملاء خارج گرفته می‌شود، نـه‌فقط به‌سرعت دخول آن به‌درون سیستم بلکه همچنین به‌سرعت تبدیل آن به مادهٔ B بستگی دارد . غلظت ماده A در داخل سیستم ، نـه به‌علت اینکه این ماده به‌کندی از ملاء خارج‌می‌شود، بلکه بدین‌جهت‌که درواکنش A⟶B سریعتر ازبین می‌رود، ممکن است فوق‌العاده کم باشد.

بنابراین یك‌چنین سیستمی، موادی راکه در محیط خارج به‌مقادیر ناچیزی وجوددارند می‌تواند استخراج کند. البته‌به‌شرط اینکه‌مواد مزبور دریکی از واکنشهای ویژهٔ سیستم داخل‌شوند. ولی ازطرف دیگرحتی اگرغلظت یك‌ماده درمحیط بیرون زیاد باشد، واگردراستحاله‌های شیمیایی‌ای‌که در درون سیستم‌جریان دارند شرکت نکند ، فقط به‌مقادیر بسیارکم از آن داخل سیستم می‌شود .

همین‌طورهم سرعت تشکیل ماده B نقش تعیین‌کننده‌ای در تعیین دورهٔ دفع آن ایفا می‌کند.

از این‌رو در همان ابتداییترین مراحل تکامل متابلیسم ، تأثیرات آن موجب تغییری اساسی در طبیعت پروسه‌های جذب و دفع شده و آنها را از پروسه‌هایی متمایز ساخت کـه در قطره‌های کوآسروات ساکن یا ورقه‌های سطحی آنهـا رخ می‌دادند .

این‌امرحتی درصورتی‌که فقط پروسه‌هایی‌را درنظربگیریم

که درمطابقت شدید باشیب غلظت روی می‌دهند ، یعنی موقعی که ماده‌ای فقط هنگامی داخل یك سیستم زنده می‌شود که غلظت آن در ملاء پیرامون بیش از داخل سیستم باشد و بالعکس، باز هم صدق می‌کند .

انتقال فعال

اما این صفت ویژهٔ موجودات زنده است که حرکت بسیار سریع مواد در آنها نه‌تنها درجهت شیب غلظت، بلکه به‌طورعمده درجهت عکس آن نیز صورت می‌گیرد . مثلا پتاسیم معمولا در سلولهای گیاهان و جانوران به حدی غلظت می‌یابد که غلظت آن در سلولهای مزبور بـه مراتب بیش از غلظتش در ملاء پیرامون می‌گردد. بدیهی است که چنین غلظتی نمی‌تواند یك پروسهٔ سادهٔ انتشار باشـد و در آن نقش پـرتوپلاسم با غشای سطحی‌اش از حدود ایجاد مانعی نسبتاً بزرگ یاکوچك در برابر این انتشار تجاوز نکند .

وقتی که مواد درجهت عکس شیب غلظت حرکت می‌کنند، عامل انتشار قوه محرك آنها نیست . خود سلول در این پروسه فعالانه شرکت کرده و مقداری کار انجام می‌دهـد و بنابراین مقداری انرژی نیز به کار می‌برد که فقط با متابلیسم بیولوژیك فراهم تواند شد .

در واقع با به‌کاربردن رنگهایی‌حیاتی[1] مثل‌رنگهای فنلی، دربسیاری از موارد می‌توانیم به‌آسانی مشاهده‌کنیم کـه سلول ،

---

۱. رنگ حیاتی از لحاظ بیولوژی رنگی است که برای رنگ‌آمیزی سلولها و موجودات ذره‌بینی و مشاهده و بررسی فعالیتهای حیاتی آنها به‌کار برده می‌شود . در سالهای اخیر ثابت شده است که محل تمرکز این‌رنگها لیزوسومهای سلول است.ـم.

رنگ را ازملأ خارج- برخلاف جهت شیب‌غلظت - فعالانه جذب می‌کند . اما این امر وقتی صورت می‌گیرد که سلول فعالیتهای عادی حیاتی خودرا انجام دهد. اگرمتابلیسم به‌نحوی مختل‌شود یاممنوق بماند، آن وقت دخول فعالانهٔ مادهٔ رنگی نیزفوراً متوقف می‌شود. به‌علاوه اگرسلول پس‌ازجمع‌کردن مادهٔ رنگی به‌وسیلهٔ سمی‌آسیب ببیند، مادهٔ مزبور دراین صورت درجهت شیب غلظت به ملأ خارج برگردانده می‌شود ؛ زیرا یاختهٔ مرده فقط تابع قانون معمولی انتشار است .

روشن است‌که توضیح کلیهٔ پدیده‌های ویژهٔ اجسام زنده برحسب این قانون‌کاملا ناممکن‌است. ما این‌کار را فقط بامطالعهٔ مراحل صورتبندی متابلیسم می‌توانیم انجام دهیم ، ممکن است چنین به‌نظر برسد که قدرت جذب فعالانهٔ مواد (در جهت عکس شیب غلظت) ازملأ خارج و دفع آنها بدان، دریك مرحلهٔ نسبتاً ابتدایی تشکیل سیستمهای زنده پدیدآمده باشد، درمرحله‌ای‌که سیستمهای زنده، مکانیسمهای هماهنگ‌کننده‌ای را پدیدآوردند، و به‌کمك آنها انرژی‌آزاد واکنشهای شیمیایی به‌صورت حرارت تلف نگردیده، بلکه برعکس‌برای انجام پروسه‌هایی‌که‌به‌انرژی احتیاج داشتند،قابل‌استفاده‌شده و به‌ویژه درATP وسایرترکیبات با اتصالهای پرانرژی ذخیره گردیده است .

هنوزهیچ مدرك موثقی نداریم‌که به‌ما بفهماند چگونه‌این جریان انرژی‌که درطی متابلیسم بیولوژیك پدیدآمد، سرعت و جهت جذب یادفع فعال‌مواد را، مخصوصاً درمرحلهٔ‌نسبتاً ابتدایی تکامل حیات که درباره‌اش‌بحث‌کرده‌ایم، تحت‌تأثیرخود قرارداده است. ما فقط می‌توانیم تصورکنیم‌که تحصیل انرژی به‌شکل قابل استفاده‌اش برای غشای‌سلول می‌بایست خصلت سکونی (ودرواقع تمام جسم زنده) راعمیقاً برهم زده باشد. هم درساختمان داخلی

ملکولهای درشت سازندهٔ غشا ، و هم درمورد راههای تجمع آن ملکولها ، تغییراتی ثابت وغالباً باتظم تکراری شروع شد. این امر موجب شدکه در جذب مواد از ملأ خارج بـه وسیلهٔ رویهٔ جسم زندهوگردش‌آنها در داخل جسم مزبور ریتم معینی برقرار شود .

بنابراین چنین می‌نماید که آنچه به‌عنوان قـدرت انتقال فعالانهٔ مواد معروف شده‌است خود شالوده سازمانبندی‌همهٔاجسام زنده را تشکیل می‌دهد . این قوه صفت مشخصهٔ کلیهٔ موجودات زندهٔ معاصراست. دراین باره خوب است یادآورشویم که حتی در ارگانیسمهای عالی معاصر که قدرت تنفس هوازی دارند ، آسیب زدن به‌چنین تنفسی یاجلوگیری از آن همیشه پروسهٔ انتقال فعال رامتوقف نمی‌کند. می‌توان فرض کردکه درچنین مواردی‌انرژی لازم برای انتقال، به‌وسیلهٔ متابلیسم بی‌هوازی رسانیده می‌شود که همان طور که در فصل پیش دیدیم در یك مرحلـهٔ نسبتاً ابتدایی تکامل حیات پدیدآمد . از آنچه گفته شد ، روشن می گرددکـه شناخت درست پروسهٔ جذب ودفع فعال باشناخت عمیق راه به‌وجود آمدن پروسهٔ مزبور درجریان تکامل تدریجی میسر می گردد . متأسفانه طرحهایی که‌اکنون دربارهٔ مکانیسمهای بیولوژیك‌انتقال فعال مواد در نوشته‌های علمی مطرح می‌شوند ، از لحاظ اهمیت بسیارتخیلی‌اند وهیچ‌کدام‌آنها مقبولیت عمومی وکامل نیافته‌است واین تنها بدین‌علت‌است که درطرحهای مزبور متابلیسم بسیارکم مورد توجه واقع می‌شود و درهیچ‌کدامشان رشد تکاملی اصلا در نظر گرفته نمی‌شود.

به‌عنوان مثال، ممکن‌است فقط یکی از این گونه طرحها را راجع به‌کارغشای سلول‌ذکر کنیم‌که اخیراً به‌وسیلهٔ د. میلردر تئوری تلمبهٔ اسمزی وی اعلام شد . برطبق نظر میلر پرتئینهای

ژل۱ که‌غشاازآنهاساخته‌می‌شود، خاصیت آبدوستی (Hydrophilia) خودرا تحت تأثیر آنزیمها ، منظماً کم و زیاد می کنند . وقتی که مواد مزبور این کار رامی کنندآب جذب‌شده را یا به‌خودمی گیرند ویاآن را پس می‌دهند. این امر به‌حرکت آب و مواد محلول در آن درامتداد مجراهایی که ازمیان غشا می گذرند، منجرمی‌شود. دراین تلمبهٔ اسمزی گروههای ملکولی ژل نقش سوپاپ‌را دارند که می‌توانند مواد محلول را جذب سطحی کنند . اگر قدرت نگه‌داشتن مواد هم در طی آبگیری (Hydration) وهم درجریان آبدهی (Dehydration)ژل بدون تغییر باقی بماند، پروسهٔمزبور غیرفعال خواهد شد و جریان مواد در جهت شیب غلظت صورت خواهد گرفت. اگرمواد محلول را فقط هنگامی که ژل در حالت ویژه‌ای‌است بتوان‌به‌وسیلهٔگروههای جذب‌سطحی کننده‌نگه‌داشت، آن وقت انتقال فعالی برقرار خواهد شد و جریان ممکن است برخلاف جهت شیب غلظت صورت گیرد. این طرح به‌رغم استادی و هوشمندی فوق‌العاده‌ای که در تهیهٔآن به‌کار رفته است ، و با وجود ریزه کاریهای قابل ملاحظه‌اش، هنوز مهمترین نکته‌را فاقد است . زیرا نشان نمی‌دهد که از چه راهی کارکلیهٔ مکانیسمهای مفروض به‌متابلیسم مرتبط می‌شود . اشاره به‌بعضی ازآنزیمهای غشا در این‌مورد به‌ما چندان کمك نمی کند، برای شناخت صحیح مکانیسمهای انتقال فعال مواد، معرفت دقیقی لازم است که بدانیم به‌هرپدیده‌ای که در انتقال فعال نقشی برعهده دارد کدامیك از

---

۱. Gel ژل محلولی کلوئیدی است که به‌حالت ژله درآمده باشد . چسبندگی (Viscosity) آن به‌قدری زیاد می‌شود که محلول خاصیت ارتجاعی یك جامد را پیدا می کند . این حالت را به ساختمان توری شکل‌مادهٔکلوئید وملأ انتشاری (Dispersion - medium) که درآن جریان پیدا می کند ، نسبت می‌دهند ـ م .

حلقه‌های زنجیری متابلیسم مربوط می‌شود و این ارتباط به‌نوبت خود چگونه وضعیت تمام شبکهٔ واکنشهای متابلیك را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. ما اینجا نه با متابلیسم به‌صورت عام‌آن، بلکه با صورت فعلی متابلیسم سر و کار داریم کـه خصیصهٔ موضوع تحت مطالعه است. زیرا با متکاملتر شــدن متابلیسم و بغرنجتر شدن ساختمان سلول، قوهٔ انتقال فعـال مواد نیز حتماً بایستی تغییر کرده باشد و از لحاظ کیفی ویژگیهای سازمانی جدیدی کسب کرده باشد.

متأسفانه هنوزمعلومات ما دربارهٔ این‌تکامل بسیارناچیزتر ازآن است که بتوانیم مسیرآن را به‌طور سیستماتیك مشخص‌کنیم ودگرگونیهای‌کیفی سازمان انتقال فعالانهٔ مواد راکه درمراحل خاصی ازتکامل دنیای زنده رخ داده‌اند، مورد توجه قراردهیم.

ما اینجا لازم می‌دانیم که فقط خاطرنشان کنیم‌که رویداد پریاخته شدن، موجب‌شد که پیچیدگی وظیفه انتقال فعـالانهٔ مواد، فوق‌العاده افزایش یابد. این‌امرضرورت برقراری‌جریان موادرا درست درلابلای سلولها ــ ونه درداخل یك سلول منفردــ پیش‌آورد. جریانی‌که انتقال سریع ومؤثر ترکیبات‌گوناگون را ازسلولی به دیگرسلول وحتی از راه یك دستگاه کامل سلولی وراههای بین سلولی‌بسیار دراز تأمین‌کرد. ممکن‌است به‌عنوان یك‌مثال سطحی بسیارساده ازانتقال مواد میان سلولها، پدیده‌ای را انتخاب‌کنیم‌که در لوله‌های‌کوچك جنینی‌کلیوی جدا شده از جنین جوجه رخ می‌دهد. این‌لوله‌های‌کوچك درحالت‌آزاد شکل گویچه‌های مجوفی را به خود می‌گیرند که حفرهٔ داخلیشان به‌وسیلهٔ یك‌طبقهٔ یك‌نواخت سلولی ازملاًخارج جدا می‌شود. اما موادی که‌ازملاًخارج (مانند رنگها) گاهی می‌توانند به‌غلظتهایی به‌مراتب بیش از غلظتهای داخل محیط خارج، درحفره جمـع

شوند. این مواد ازمیان‌طبقهٔ سلولهای احاطه کنندهٔ حفره به‌داخل آن منتقل‌می‌شوند وخود سلولهای مزبورمقدارقابل توجهی‌ازمادهٔ رنگی‌را نگه نمی‌دارند.

همهٔ تلاشهایی‌که به‌عمل می‌آید تا این‌پدیدهٔ به‌ظاهر بسیار ساده را به‌وسایل مختلف وگاه بامکانیسمها وطرحهای‌کاملاپیچیدهٔ فیزیکوشیمیایی‌توضیح بدهند، فوق‌العاده ساده لوحانه وغیرقانع کننده‌است. این‌امر کاملا قابل درك است ؛ زیرا ممکن‌نیست این مسئله را باتطبیق‌مستقیم‌آن برقوانین طبیعت غیرآلی وبدین سان باتجاهل ازمسیرتکاملی رشد مادهٔ زنده حل‌کرد. درواقع، پدیدهٔ انتقال مواد ازروی سلول فقط درنتیجهٔ یك تکامل با نظم وترتیب پروسهٔ انتقال فعالی پدیدآمدکه از لحاظ تاریخی جلوتر است و به‌نوبت خود براساس تکامل‌متابلیسم رشد یافت‌که مشترك بین همهٔ موجودات زنده است.

عبور مواد ازسلولها درتکامل تدریجی بعدی موجــودات زنده خصلت بیش‌ازپیش‌پیچیده‌تری‌کسب‌نمودکه عوامل‌بیولوژیك موجدآن است . طبعاً سیستمها وپدیده‌هایی‌که بدین طریق پدید آمدندکمتر وبازهم‌کمتر برحسب پروسه‌های ابتدایی طبیعت غیر آلی‌قابل توضیح مستقیم مکانیکی شدند . ما اینجا می‌توانیم عبور آب ومواد محلول درآن را به‌کمك فشارریشه درامتدادآوندهای گیاهان عالی، به‌اصطلاح پدیده نوشش[۱] درجانوران را به‌عنوان

---

۱. Imbibition امبی‌بیسیون در بیولوژی‌گیاهی‌وجانوری مفهومی است به‌معنای جذب شدن مایعات به‌داخل ارگانیسم . این کلمه از ریشهٔ لاتینی Imbibere مرکب از Im به درون و Bibere یعنی نوشیدن است . مناسبترین معادل آن باتوجه به‌ریشهٔ لغوی و مفهوم علمیش ــ به‌نظر مترجم ــ اسم مصدر « نوشش » است ــ م .

مثال انتخاب کنیم. این لغت اخیر به‌طورکلی به‌معنای پروسه‌ای به‌کار می‌رود که به وسیلهٔ آن مواد مختلف ازمیان یك لایهٔ سلولی بداخل خون می‌روند . مهمترین‌مورد مثال فیزیولوژیك نوشش آن‌است که در رودهٔ کوچك به کمك‌تشکیلاتی باسازمانی‌اختصاصی به‌نام پرز (Villus) رخ می‌دهد. درپرزها انتقال فعال موادی که بر اثر اعمال گوارش حاصل می‌شوند به‌وسیلهٔ عدهٔ زیادی از پدیده‌های فرعی ، به‌ویژه انقباضهای مکرر و منظم پرزها، ونیز به وسیلهٔ نظم دقیق مجموعهٔ پروسه بغرنج می گردد .

حتی درموجودات تك‌یاخته هم تفاوتهای اساسی درقابلیت جذب ودفع مواد تحت تأثیرمحرکهای گوناگون می‌توان دید ؛ به‌طوری که سلولها درحالت تحریك شده و استراحت از لحاظ قدرت انتقال‌فعالانه مواد فرق قابل ملاحظه‌ای پیدا می کنند.

این‌خصیصه درارگانیسمهای پریاخته ازلحاظ نظم جذب، دفع،وانتقال‌مواد دربافتها واندامهای مختلف حائزاهمیت هرچه بیشتری می گردد .

پروسهٔ نوشش در پرزهای رودهٔ کوچك نه فقط به وسیلهٔ تأثیرات ترکیبهای شیمیایی‌مختلف، بلکه همچنین باکار دستگاه اعصاب تنظیم می‌شود. نشان داده‌شده است که درموجودات عالیتر سلسلهٔ جانوری قشر مخ نقش‌تنظیم‌کنندهٔ پروسهٔ مزبور را ایفا می کند . بویژهٔ ثابت شده است که عمل نوشش از پرزهای رودهٔ کوچك به داخل خون ، گویی به سان انعکاسی شرطی انجام می‌شود .

معلوم شده‌است که پروسه‌های ترشح به‌همین طریق صورت می گیرند. مثلا میزان تراوش آنزیمهای روده که به‌وسیلهٔغده‌های اختصاصی‌دستگاه معدی روده‌ای ترشح می‌شوند، به‌واسطهٔ بسیاری ازانعکاسهای مشروط وغیرمشروط تنظیم می گردد.

تغذیه

سلسله اعمال گوارش و نوشش و بسیاری از پروسه‌های متحد‌ـ شان‌روی هم پروسهٔ تغذیه را در جانوران عالی و انسان تشکیل می‌دهند. واضح‌است‌که این‌پروسه نه‌فقط کاملا بر خلاف دخول‌سادهٔ مواد به‌هرسیستم منفرد غیرآلی‌است، بلکه همچنین باهمانندسازی مواد به وسیلهٔ میکربهای شناور در آبگوشت غذایی فرق اساسی دارد. این‌فقط باقید وشرطهای بسیاراست‌که ما یك‌کلمه را برای «تغذیهٔ» میکروبها و «تغذیهٔ» انسانها به‌کار می‌بریم . اما اینجا اصولا دوپدیده داریم‌که ازلحاظ کیفی درسطحهای تکاملی‌متفاوت قرار دارند .

بدین سان می‌توانیم یك‌گروه پدیـده را تصویر کنیم که در جریان تکامل تدریجی حیات یکی پس از دیگـری بغرنجتر می‌شوند :

۱. جذب ابتدایی مواد از ملأ خارج به‌وسیلهٔ سیستمهای زنده‌که با وجود این با متابلیسم اولیه همراه است. ۲. انتقال فعال‌مواد (همراه باصرف‌انرژی) که تابع‌جذب ودفع مواد توسط سلولهاست ، ۳. انتقال فعال مواد از راه یك‌گروه سلولی در موجودات‌پریاخته، ۴. نوشش به‌داخل‌خون جانوران وبالاخره، ۵. پدیدهٔ بغرنج تغذیه درجانوران عالی .

اولین عضواین‌گروه پدیده‌ها مستقیماً ازآغازهای‌متابلیسم سرچشمه می‌گیرد . اما هریك از مراحل بعـدی را باید نتیجهٔ افزایش پیچیدگی سازمان قبلی تلقی‌کرد وبه‌عنوان یك مـرحلهٔ تکاملی ویژه در رشد مادهٔ زنده مطالعه نمود. همان‌طورکه تاریخ به‌ما نشان می‌دهد، تلاشهایی‌که برای‌پریدن‌ازروی‌همهٔ این‌مراحل به‌عمل می‌آید ، هرگز سودی نبخشیده است.

ما بررسی این اولین خصوصیت مادهٔ زنده وتکامل بعدی آن را عمداً قدری به‌تفصیل موردبحث قرارداديم . زیرا توضیح سایر خواص اساسی همهٔ موجودات زنده ، مانند قوای نمو ، تکثیر ، خودباز سازی، حرکت، انتشار وبالاخره تحریك‌پذیری که قبلا آنها دا برشمردیم به بسط نتایج حاصل از این بررسی مربـوط می‌شود. همهٔ اینها در ابتدایی‌ترین‌شکل‌خود می‌توانند ازمتابلیسم مشتق شوند . این خصیصه‌ها با آراسته‌تر شدن و کارآمدترشدن متابلیسم به‌وجود می‌آیند ورشد می‌یابند : اما در تکامل تدریجی بعدی موجودات زنده هریك از ایـن خصیصه‌ها پایهٔ ایجاد یك سلسله پدیده‌های ازلحاظ کیفی‌جدید را می‌سازند؛ پدیده‌هایی که فقط دراشکال بازهم عالیترحیات پیدا می‌شوند. از این‌رو هریك از این پدیده‌ها را فقط در پرتو شناخت اشتقاق آنها از اشکال سازمانبندی ساده‌تر مادهٔ زنده ماقبلشان می‌توان شناخت .

نمو ورشد

دومین خصوصیت موجودات زنده ازمیان خصایصی که قبلا برشمردیم ــ قوهٔ نموآنها ــ یعنی افزایش برگشت ناپذیرجرم ، همراه با انجام فعالیتهای حیاتیشان که با صرف مواد موجود در محیط حـاصل می‌شود ، در ابتدایی‌ترین صورت خـود ، مستقیماً زائیدهٔ این امر است که موجودات زنـده سیستمهایی بازند . در سیستمهای مسدود ، تعادل به‌وسیلهٔ تساوی سرعتهای واکنشها در دوجهت مختلف حفظ می‌شود ؛ به‌طـوری که درآنهـا قطعاً هیـچ افزایش وزنی‌حاصل نمی‌شود. درسیستمهای باز، برعکس،سرعت واکنش در یك سو منظماً بیش از سرعت واکنش در جهت دیگر است .

با وجود این ، درپروسهٔ انتخاب سیستم کلـوئیدی منفرد

ابتدایی در آبهای اقیانوس اولیه ، تنها سیستمهایی برای تکامل بعدی محفوظ ماندند که در آنها همآهنگی واکنشهای تشکیل‌دهندهٔ متابلیسم، همیشه به‌طریقی سوق داده می‌شد که در آن ترکیب بر تجزیه غالب بود و این امر ضرورتاً می‌بایست به افزایش جرم منجر می گردید .

بنابراین ، قوهٔ نمو بایستی حتی ذاتی سیستمهایی بوده باشد که حیات از آنها منشأ گرفت. هنگامی که حیات با پیداشدن ارگانیسمهای نخستین به‌وجود آمد، این نیرو پابرجا ماند وفقط خصیصه‌ای مرتبتر و بدین‌جهت پایدارتر گردید . درموجودات زنده ، سیکلها و سلسله‌های واکنشهایی که از ترکیبشان شبکهٔ متابلیك حاصل می‌شود ، به‌طورثابت و به‌موقع تکرار می گردند و به تشکیل پیوستهٔ محصولات سنتزی منجر می‌شوند و بدین‌جهت موجب ثباتی معین درترکیب وساختمان سیستمهایی می گردند که باوجود جریان ثابت موادی که همیشه درحال تغییرند و از میان آنها می گذرند ، ازداخل بزرگتر می‌شوند . اما این ثبات فقط نسبی است. خاصیت اصلی موجودات زنده ــ قوهٔ نمو آنها ــ در جریان آراستگی تکاملیشان ، باتغییرات کیفی درمتابلیسم همراه بود و این امر پایهٔ رشد انتوژنتیك موجودات زنده را تشکیل داد. باادامهٔ این‌جریان، هرچه‌ارگانیسم درنردبان‌تکامل‌تدریجی به پله‌ای بالاتر صعودکرد انتوژنز آن‌که بستگی شدیدی‌به‌نمو آن دارد ، پیچیده‌تر گردید . اگر نمو فقط به افزایشی کمی در اندازهٔ سیستم زنده منجر می‌شود، رشدعبارت از افتراق عمیقتر کیفی‌اجزای‌آن است‌که درمراحل‌خاصی از‌عمرفردی سیستم‌معین پدید می‌آیند.

متابلیسم که‌شبکهٔ پروسه‌هایی‌است که ازلحاظ زمانی به‌شدت هماهنگی دارند ، البته هرگز نمی‌تواند کاملا بدون تغییر باقی

بماند . چون متابلیسم با شرایط عمل خود پیوند دقیق دارد جبراً باید دستخوش تغییر گردد . این تنها شالوده‌ای است که تکامل تدریجی سیستمهای زنده می‌توانست بر پایهٔ آن صورت بگیرد .

حتی اگر درطول حیات فردی ابتداییترین موجودات زنده شرایط خارج بدون تغییر می‌ماند ، می‌بایست در متابلیسم آنها تغییراتی حاصل می‌شد . زیرا خود نمو ارگانیسمهای مزبور نسبت حجم به‌سطح آنها را خود به‌خود برهم می‌زد . تنها تقسیم شدن سیستم ، تقسیمی که بانمو خود سیستم تناسب مستقیم داشت، می‌توانست تعادل ازدست رفته را بازگرداند . ابتداچنین تقسیمی درسیستمهای اولیه تحت تأثیر عوامل خارج صورت می‌گرفت . اما با پیدا شدن حیات، مکانیسمهای داخلی تقسیم پدید آمدند و اینها موجب تقسیم ثابت وفعال سیستمهای زنده شدند.

اینجا لازم است فقط تأکید کنیم که نمو ثابت ابتداییترین سیستمهای زنده ، تنها درصورتی می‌توانست رخ دهد که همیشه با تقسیم‌شدن آنها همراه می‌گردید. چند تجربه که درسالهای اخیر انجام شده نشان داده است که بعضی ازموجودات ذره‌بینی معاصر، هنگامی که پی درپی کشت می‌شوند می‌توانند در عمل ، متابلیسم خود را حفظ کنند وقدرت زنده‌ماندن خویش راطی هزاران تغییر کشت نگه‌دارند. ولی این امر فقط درصورتی امکان پذیراست که موجودات مزبوردرشرایط مساعدثابت و سترونی (Sterilization) جدی کشت شوند. اما درشرایط طبیعی ،آنجاکه شرایط خارجی نمی‌تواند ثابت بماند همیشه درجریان رشد فردی ارگانیسمهای معاصر که اکنون افتراق داخل سلولی دارند ، می‌توان تغییرات منظم را مشاهده کرد. اگر یاخته‌های چنین موجوداتی به علتی تقسیم نشوند، توالی واکنشهای بیولوژیك درآنها به‌تدریج مختل

(به‌اصطلاح پیری سلولها) می‌شود .

سرانجام ، این امر به نارسایی کامل و برگشت ناپذیر متابلیسم‌منجر می‌شود . تفوق قاطع پروسه‌های تجزیه(مخصوصاً هیدرولیز پرتئینها) برپروسه‌های ترکیب‌آغاز می‌شود. این امر به‌گسیختگی مکانیسمها وساختمان سلولی ، یعنی به‌مرگ طبیعی سلول منتهی می‌شود .

بنابراین‌حتی درمراحل ابتدایی تکامل حیات و مخصوصاً پس‌از پیش‌آمد افتراق روزافزون موجودات، مرگ همیشه نقطهٔ اوج طبیعی وجبری‌آن عده ازتغییرات‌کیفی متابلیسم بوده وهست که درطی‌رشد فردی هرارگانیسم صورت می‌گیرند.

بدین جهت ازهمان‌آغاز فقط دوراه ممکن برای‌هرسیستم منفرد وجود داشت. یك‌سیستم زنده یا رشد می‌کرد وتقسیم می‌شد یا پیر می‌گردید و میمرد . بعداً این امکانات تا حدودی توسعه یافتند . در وهلهٔ اول موجودات تك‌یاخته در جریان تکامل خود قابلیت تشکیل‌هاگ (Spore) یاکیسه (Cyst) راکسب‌نمودند.

باتشکیل هاگ یاکیسه ، سلول به‌یك حالت حیات مسدود یا آنابیوز[1] پا می‌نهدکه از لحاظ حفظ ارگانیسم و قادر ساختن آن به‌زنده ماندن در شرایط نامطلوب خارج ، از قبیل درجات حرارت فوق‌العاده زیاد یاکم،کاهش رطوبت وغیره، حائزاهمیت زیست‌شناسی بزرگی است . حالت آنابیوز درطبیعت زنده شیوع

۱ـ Anabiosis یا Anabiose مشتق از ریشه یونانی‌است. Ana پیشوند است و معنای «دوباره» یا «مجدد» به‌کلمه می‌دهد و معادل پیشوند فارسی «باز» است و biosis به‌معنای «حیات» است. آنابیوز یعنی زندگی دوباره پس از یك حالت حیات نهفته‌ای که ظاهراً شبیه مرگ است. شاید بتوان واژهٔ «باز زیست» را به‌عنوان معادل آنابیوز درفارسی به‌کاربرد ـ م .

وسیعی دارد. حالت مزبور این اختلاف اساسی را با مرگ دارد که هنگامی که ارگانیسم کشته می‌شود ـ گرچه هماهنگی واکنشهای متابلیك از بین می‌رود ـ اما بسیاری از آنها باهمان سرعت سابق و حتی گاهی باسرعتی بیشتر ادامه می‌یابند .

برعکس درآنابیوز هنگامی که سلولـها خشك یا بشدت منجمد می‌شوند، هماهنگی واکنشهای متابلیك حفظ می‌شود؛ اما سرعت آنها به‌تدریج ومتساویاً کاهش می‌یابد وعملا به‌هیچ می‌رسد.

ازاین‌رو هنگامی که این سلولهای آنابیوتیك به‌دقت مرطوب یا گرم شوند ، به‌هنگام رویش (Germination) هاگها امکان بازگردانیدن آنها به‌زندگی فعال وجود دارد. ولی‌این امر فقط درصورتی امکان‌پذیر است که ترتیب منظم متابلیسم در این‌پروسه تغییر کیفی نیافته باشد .

عامل دیگری که فرصتهای مغتنم را برای موجودات‌اولیه درمرحله‌ای‌ازتکاملشان توسعه داد، آمیزش(Conjugation)، یعنی اتحاد دوسیستم زندهٔ منفرد باسازمان همانند بود. با این حال‌دو سیستم متحد باهمهٔ تشابهشان نمی‌توانستند ازلحاظ متابلیسم‌مطلقاً یکسان باشند . وقتی چندشبکهٔ متابلیك مختلف در داخل سیستم زنده یکی شد ، بر یکدیگر تأثیر متقابل می‌کنند و پروسه‌های حیاتی سیستم اساساً به‌طریقی که هنوز هم معلوم نیست ، تحریك می‌شوند. این امر را درکشتهای بسیاری از موجودات ذره‌بینی می‌توان مشاهده کرد. هنگامی که‌موجودات ذره‌بینی مزبورمدتی دراز پیوسته تکثیرمی‌یابند، به‌تدریج پیرمی‌شوند و روبه‌انحطاط می‌روند. اما اگر آمیزش در داخل کشت پیش بیاید، چنان‌می‌شود که گویی ارگانیسمها ازنو جوان می‌شوند ونیروی حیاتی‌خودرا باز می‌یابند و باز قدرت ادامهٔ تکثیر را برای مدتی دراز کسب می‌کنند .

آمیزش ازموقعی‌که درجریان تکامل پروسه‌ای جنسی شدو درآن سیستمهای‌جفت شده (گامتها یا سلولهای جنسی نروماده) ازلحاظ متابلیسم و خصوصیات ارثی با یکدیگر متفاوت شدند، اهمیت حیاتی ویژه‌ای‌کسب نمود. با جفت شدن سلولهای جنسی برای تشکیل زیگوت (تخم گشنیده) اشکال جدید متابلیسم پدید می‌آیند و این‌امر تأثیربسیارمهمی روی تمام رشد بعدی موجود زنده‌دارد. همانا بدین‌دلیل است‌که حیات جنسی مقامی‌انحصاری درتولید مثل اکثریت عظیم ارگانیسمهای عالی‌کسب‌کرده است.

دربارهٔ افزایش پیچیدگی‌کیفی پروسهٔ نمو، این حقیقت که نمو سیستمهای زنده همیشه با رشدآنها ملازمت زیاد دارد، حائز اهمیت قاطعی است. گرچه این رشد ابتدا طبیعت نسبتاً ساده‌ای داشت، ولی بمرور زمان با هرارتقای جدید ارگانیسم به‌پلهٔ عالیتر نردبان تکامل تدریجی پیچیده‌تر و بازهم پیچیده‌تر گردید. تمام تلاشهایی‌که به‌میزان وسیعی درآمار علمی‌گزارش شده‌اند وبدین‌منظور به‌عمل‌آمده‌اند‌که نمو ارگانیسمهای عالی‌از آغاز تا پایانش برحسب یك فرمول یامنحنی، مانند منحنی سیر پروسه‌های فیزیکی یا شیمیایی توصیف گردند، همواره به عدم موفقیت منجر شده‌اند.

جوهررشد بیولوژیك‌عبارت ازاین‌حقیقت است‌که‌تغییرات کوچك متابلیسم‌که درجریان نمو ارگانیسم صورت می‌گیرند، همیشه سرانجام به‌نوعی انفصال‌کیفی، به‌تجدید مدل قابل‌ملاحظهٔ بخشهای مختلف‌شبکهٔ عمومی‌متابلیسم منجر می‌شوند. این‌تجدید مدل‌همچنین استعدادی‌رابه‌وجودآورد وآن «آمادگی»موجودات زنده (در شرایط اجباری خارجی) برای اجرای پروسه‌های فیزیولوژیك یا مورفوژنتیك بودکه قبلا جزء خصایص سلولهای سلف موجودات مزبور نبود.

مامی‌توانیم این‌پدیده را به‌ساده‌ترین صورتش درموجودات ذره‌بینی مشاهده کنیم . مثلا بعضی از قارچها که آنتی‌بیوتیکها را تولید می‌کنند این‌کاررا فقط درمرحلهٔ دوم رشد میسلیوم[1] انجام می‌دهند وبنابراین تولید آنتی‌بیوتیك با تجدید سازمان متابلیسم همراه است . تجدید ساختمان مشابهی باید مطمئناً پیش از تقسیم سلول میکروبی وحتی گذشته از این پیش از افتراق آن درموقع تشکیل هاگ صورت گیرد .

اما این قبیل تغییرات متابلیك درارگانیسمهای پریاخته ، اشکال بویژه پیچیده‌ای به‌خود گرفتند واهمیت حیاتی‌فوق‌العاده‌ای یافتند. همان‌طور که‌قبلادیدیم، حتی درابتدایی‌ترین این‌موجودات (مثلا در اسفنجها) افتراق معینی درسلولهای اجراکنندهٔ اعمال فیزیولوژیك خاص وجود دارد. اماچنین افتراقی فقط وقتی‌امکان پذیر است‌که تغییرات متابلیك منظم به‌نحوی ازانحاء درسلولهای اصلی متحدالشکل صورت بگیرند ؛ به‌طوری‌که سلولهای مزبور درموقع تغییر ناگزیرشوند‌که خط‌سیرهای متفاوتی رادنبال کنند.

این‌پدیده حتی‌درابتدایی‌ترین صورت‌ساده‌اش، اساساً مطالعه نشده باقی‌مانده است. واضح است‌که برتغییرات متابلیکی‌که در رشد فردی ارگانیسمهای پله عالیتر نردبـان تکامل تدریجی رخ می‌دهند ، باید قوانین بسیارپیچیده‌تری حکمفرما باشد .

هرگیاه امروزی درطی‌رشدش بایدازمراحل معینی بگذرد که برای انتوژنز آن الزام آورند وباتوالی بسیارمنظمی درپی‌هم می‌آیند وهرکدام برای آنکه انجام شود به‌سلسله شرایط محیطی

---

۱ . Mycelium یك صورتبندی مشبك متشکل از تارهای سلولی ساختمانهای رویشی قـارچهاست . میسلیوم را بـا میسل Micelle که درفصل پیش تحت عنوان صورتبندی میسلی (Micellar Formation) توضیح داده شد نباید اشتباه کرد ـ م.

خاص خویش نیازمند است. طبق نظریهٔ ت. لیسنکو T. Lysenko این مراحل از لحاظ ماهیت ، تغییرات کیفی انفصالی درمتابلیسم است وشالودهٔ «آمادگی» گیاهان را(درشرایطمحیطیمناسب) برای وقوع مراحل محسوس مرفوژنز(تغییرات شکلی مربوط به‌جوانه زدن ، گل کردن ، وغیره) تشکیل می‌دهد .

همین‌طورهم منطقی‌است معتقد گردیم به‌اینکه دررشدجنینی جانوران قبل‌ازافتراق قابل رؤیت سلولهای اصلی متحدالشکلی که از تقسیم تخم به‌وجود می‌آیند ، باید تغییرات وسیعی درمتابلیسم آنهاحاصل شود که همگان آنهارا جمعاً به‌نام‌تعیین Determination می‌شناسند .

متأسفانه معلومات فعلی مافقط امکان می‌دهد که پوسته این پدیده‌ها را خراش بدهیم ؛ یعنی تنها توالی تشکیل ساختمانهایی راثبت نماییم که درجریان تشکیل و رشد جنین به‌وجود می‌آیند. خصیصهٔ جالب توالی مزبوراین است که گویی تا اندازه‌ای تکرار اشکال تکاملی ارگانیسمهاست که درجریان تکامل تدریجی فیلو - ژنتیك داشته‌اند .

همان‌طور که زمانی برحسب رسم گفته می‌شد : موجودات زندهٔ عالی ازگذشتهٔ دور خود گویی «خاطره‌ای نگه می‌دارند» و بدین‌جهت آن‌را هنگام رشد فردی خویش تجدید می‌کنند، اینك باید گفت که چنین گفته‌ای مبین یك‌روش پر نقش و نگار بیان‌مطالب است ومسلماًهیچ چیز را به‌درستی توضیح نمی‌دهد. به‌علاوه اگر شیوهٔ آشنایی ما به «علم مکانیك رشد جنین» فیزیکی صرف باشد ، این موضوع غیرقابل درك می‌ماند که چرا یك موجود عالی باید تقریباًهمان خط سیررا دررشد خود دنبال کند که اجدادش تعقیب می‌نمودند ؛ درحالی که این امر ازنظرگاه قوانین عمومی‌مکانیك به‌هیچ وجه ضرورت ندارد .

به‌گمان من اگر کوشش کنیم قوانین بیولوژیك را که در آغازفصل پیش یادآور شدیم به‌کاربندیم، آن وقت به‌حل این قضیه قدری نزدیك خواهیم شد .

درجانوران عالی وانسان ، هربخش خاص متابلیسم، مانند تنزل گلیکولیتیك ، با تعقیب توالی جداً معین واکنشهای سازندهٔ بخش مزبور انجام می‌شود . این امر بدین جهت اتفاق نمی‌افتد که موجودزنده عالی‌پدیده‌ای را که دریك میلیاردسال پیش‌خصیصهٔ میکربهای ابتدایی بوده است « تکرار » می‌کند ، بلکه بـه‌سبب ضرورتی رخ می‌دهد که به‌طورتاریخی به‌وجودآمده است . حال به‌سبب این حقیقت‌که برای اشکال سازمانی‌بیولوژیك هیچ‌گونه توالی دیگری غیر از حـوادث مفروض دربخش متابلیسم وجـود ندارد و نمی‌تواند وجود داشته باشد ، ازنظرگاه قوانین معمولی شیمی می‌توان بسیاری از واکنشهای شیمیایی دیگر را که به‌همان نتیجه منجر می‌شوند تصورکرد.

طبعاً وقتی‌که از پدیدهٔ رشد جنینی در ارگانیسمهای عالی سخن می‌گوییم، منظورماتوالی‌سادهٔ واکنشهادریك شبکهٔ متابلیك خاص‌نیست، بلکه منظورتوالی‌تغییرات حاصل درآن توالی‌است؛ یعنی اگربتوان‌گفت یك توالی از نـوع درجهٔ دوم ، یك توالی بسیارثابت تغییرات اجباری درمتابلیسم هنگام رشد جنین از تخم است‌که درریشهٔ افتراق سلولهای جنین قراردارد . بـا این حال ممکن است‌که موجودات عالی ، حتی دراین سطح بسیار عـالی سازمـانبندی حیات ، همان پدیده‌هـایی راکه اجـدادشان ایجاد می‌کردند فقط بدین‌علت فراهم‌کنند که به‌هیچ‌ترتیب دیگری‌امکان پذیرنباشد؛ اگرچه ازنظرگاه فیزیك یا مکانیك صرف، البته عدهٔ بی‌شماری خط سیررشد را شاید بتوان تصورکرد .

هرارگانیسم پریاخته باتکامل عالی پس‌ازطی دورهٔ‌جنینی،

رشدفردی‌خودمنظماً ازدورهٔ به‌اصطلاح نمومی گذرد، وسپس دورهٔ بلوغ رابه‌همراهی‌تناسل وسرانجام دورهٔ پیری را توأم با اختلال تدریجی‌متابلیسم می گذراندکه همواره به‌نارسایی‌کامل‌آن ومرگ ارگانیسم منجر می‌شود .

موجودات زندهٔ عالی درطی همهٔ این دوره‌ها کارآیی‌قابل توجهی ازحیث هماهنگی درنمو و رشد تمام بدن و نیز اندامها ، بافتها ویاخته‌های مختلف متظاهرمی‌کنند. این هماهنگی‌به‌وسیلهٔ گروهی از مکانیسمهای بسیار پیچیده تنظیم می‌شود که در گیاهان بـه‌طور عمده خلطی (Humoral) است ولی درجانـوران ارتباط زیادی به‌فعالیت دستگاه عصبی دارد .

ما می‌توانیم اهمیت این مکانیسمها را به‌وسیلهٔ جداکردن مصنوعی سلولها ازحیطهٔ تأثیر آنها وکشت دادن سلولهای مزبور درمحیطهای کشت به‌اصطلاح بافتی، تاحدودی ارزیابی کنیم. اگر تمام نیازمندیهای‌آنها برآورده شود (غذا رسانیده شود وفضولات برطرف گردد وغیره) چنین سلولهایی نمو و تقسیم نامحدودی را ازخودنشان می‌دهند. ولی رابطهٔ طبیعی بین‌نمو وافتراق سلولها، درچنین مواردی معمولا آسیب می‌بیند ؛ اگرچه این امر به‌هیچ وجه به‌نحویکسان صورت نمی گیرد .

تکثیربی‌بند وبارسلولهای افتراق‌نیافته ممکن‌است‌همچنین درداخل یك ارگانیسم‌کامل و دست نخورده صورت‌گیرد . بدین طریق است‌که تومورهـا Tumours بخصوص تومورهای سرطانی پدید می‌آیند . در این باره چنین ابراز عقیده شده است‌که اگر باید دریابیم‌که چگونه ازسرطان پیشگیری‌کنیم و آن را درمان نماییم، پس باید طبیعت اساسی نمو سلولها و قوانین حاکم برآن ونیزمکانیسمی راکه جسم زنده به‌وسیلهٔ آن‌کنترل خویش را بر نمو ورشد سلولها اعمال می‌کند، کشف نماییم.

بدین ترتیب می‌بینیم که قدرت نمو ورشد موجودات زنده مانند نیروهای همانند سازی ودفع، ازاصل وابتدای امر، مستقیماً ازمتابلیسم منظم ناشی می‌شود . اما این قـدرت نیز درطی تکامل تدریجی بعدی ازیك‌عده اشکال سازمانی گذشته است که پیچیدگی آنها پیوسته افـزونتر می‌شد و ایـن پیچیدگی دائم التزایـد را نمی‌توان تنها بامراجعه به‌قوانین حاکم برطبیعت غیرآلی‌مستقیماً شناخت .

نمو ورشد مستقیماً بەسومین خصیصهٔ اساسی ارگانیسمها یعنی نیروی تکثیر که قبلا از آن یادکردیم ، مربـوط می‌شود . جنبهٔ بیولوژیك مفهوم «تکثیر» که آن را بررسی خواهیم کرد ، نبایـد متضمن افزایش عدهٔ سیستمهای مورد بحث باشد. مامخصوصاً این را منطقی نمی‌دانیم که این کلمه به معنای افزایش شمارهٔ ملکولها درجریان يك‌پروسهٔ شیمیایی به‌کاربرده شود. خواه پروسهٔ مزبور يك‌واکنش واحد شیمیایی‌باشد که دریك‌گاز یايك محلول صورت می‌گیرد وخواه يك سلسلهٔ‌کامل ازواکنشهای بەهم بستهٔ يك‌سیستم بغرنج ، مـانند تشکیل اسیدلاکتیك درپروسهٔ‌گلیکولیز . بدیهی است که اینجا آنچه داریـم تکثیر نیست ، بلکـه تشکیل پیوستهٔ ملکولهای اسید لاکتیك است . ازآنجاکه دراین باره با بسیاری از مصنفان معاصر اختلاف داریم ، در ایـن تردید بسیار داریم‌که استعمال اصطلاح «تکثیر» بـه‌مفهوم بیولوژی آن درمورد پدیدهٔ تشکیل پیوسته نوکلئوپرتئین ویروسی‌جدید درجریان واکنشهای متابلیك هماهنگ سلولهای زندهٔ برگهای توتون صحیح باشد .

این پدیده از این لحاظ به«تکثیر» شباهت بسیار دارد که برای وقوعش‌ملکولهای اسیدنوکلئیك ساخته‌آماده‌باید قبلاموجود باشند . امـا در این مورد پروسهٔ متابلیکی که شالودهٔ هـرتکثیر بیولوژیك است به‌ویروس تعلق نداشته ، بلکه از آن سیستم زندهٔ

پرملکولی برگ توتون است . ویروس فقط طبیعت متابلیسم را قدری تغییر می‌دهد .

باتوجه به مسیر تکاملی که به‌پیداشدن حیات منجر گردید، روش عاقلانه‌این است که یك‌پروسهٔ تقسیم فرعی‌مکانیکی‌سیستمهای پرماکولی شبیه پروسهٔ تشکیل قطراتی که به‌هنگام تکان دادن یك امولسیون پیش می‌آید ، به عنوان الگوی غیرآلـی « تکثیر » بیولوژیك فرض شود . قطره‌های ابتداییترین کوآسرواتها نیز حتی پیش از آنکه به موجودات زنده تکامل یابند ، ممکن بـود به‌طریق‌مشابهی به وسیلهٔ امواج متلاطم ساحلی یا غیرساحلی‌خرد گردند . اما با پیدا شدن حیات ، این پـروسهٔ انفعالـی انتشار سیستمهای اولیه بایستی در نخستین ارگانیسمها بـه تقسیم فعال اجسام زنده تبدیل شده باشد .

این امر رخ نداد مگر وقتی کـه نوعی متابلیسم ، شایـد ابتداییترین نوع آن ، در سیستمهای زنده تشکیل یافت. می‌توان این پروسهٔ تقسیم فعال را با طرحی به قرار زیر تصویر نمود . در نتیجهٔ پروسه‌های سنتزی و با مصرف شدن مواد ملأ خارج ، پلیمرهایی مانند پروتئینها یا حتی‌نشاستهٔ ساده در داخل‌جسم‌زنده جمع شدند . بعداً تغییرات منظم متابلیسم در درون سیستم‌صورت گرفت و پروسه‌های هیدرولیز را درآن تقویت نمود . درنتیجه، پلیمرخرد می‌گردید وتشکیل سریع یك مادهٔ فعال اسمزی (مثل قند) در سیستم حاصل می‌شد . اگـر سرعت تشکیل این مـاده برسرعت انتشار آن در محیط خارج مـی‌چربید ، فشار اسمزی زیادی در داخل سیستم ایجاد می‌شد و این امر سرانجام ، سیستم راقطعه‌قطعه می‌کرد. هنگامی که‌متابلیسم به‌حالت اول برمی‌گشت، این اجزا بازهم نمومی‌کردند و یك‌بار دیگر پلیمرهـایی جمع می‌کردند و سپس باز تکه تکه می‌شدند ؛ الی‌آخر .

با تشکیل غشاهای سطحی و پس از پیداشدن مکانیسمهای لگامزدن انرژی ، پدیدهٔ تقسیم فعال اجسام زنده بایستی اشکال پیچیده‌تری به خود گرفته باشد . و این اشکال تقسیم به‌واسطه تأثیرمتقابل پروتئینهای‌غشاءبرATP بودکه باتغییرات‌متناوب در ساختمانهای مزبور همراه گشت .

توانسته‌اند نشان بدهند که در اجسام زندهٔ معاصراین‌نوع تأثیر متقابل متضمن دفسفریلاسیون ATP است و از انرژی آزاد شده در پروسهٔ تقسیم فعال سلول استفاده می‌شود که به‌نحو بارزی اندوترمیك است .

ساختمان‌داخلی یك‌قطره کوآسروات، کم‌و بیش‌متحدالشکل است و بنابراین قطعات حاصل تقسیم آن اساساً همانندند . اما به محض به وجود آمدن حیات ، افتراق داخلی سیستمهای زنده بیشتر و بازهم بیشتر گردید و ازاین‌رو دشواری عمده در تکثیر، عبارت از این‌ضرورت بود که هریك از سیستمهای نوزاد، ترکیب و ساختمان اصلی خود را حفظ کند . یعنی تقسیم به‌نحوی‌صورت گیرد که اجزای تشکیل یافته فقط ازحیث اندازه و حجم‌باسیستم اصلی اختلاف داشته‌باشند نه از لحاظ سازمان . هرچه‌اندامکهای پرتوپلاسمی افتراق بیشتری می‌یافتند، حل این مسئله پیچیده‌تر می‌گردید و این‌امر فقط با ایجادتکامل مکانیسمهای کیفی‌جدیدی که در سیستمهای زنده وجود نداشتند ، میسر شد . (به‌شکل ۱۶ درآخر کتاب مراجعه شود)

پیچیدگی وکارآیی فوق‌العادهٔ این مکانیسمها در ارتباط با تشکیل هستهٔ سلول توسعه یافت . همان‌طور که قبلا دیدیم ، هنوز هیچ هستهٔ افتراق یافته‌ای در جلبکهای سبزآبی دریا بعضی از انواع باکتریها وجود ندارد . مواد هسته در ایـن ارگانیسمها به سادگی در مرکز پروتوپلاست به صورت اجسام شکل یـافته

منفرد ازجنس DNA پراکنده شده‌اند. اماحتی اینجاهم می‌توانیم تغییرات اختصاصی اجسام مزبور درموقع آماده شدن پرتوپلاست برای تقسیم‌رابه همراه توزیع مجدد مواد هسته مشاهـده‌کنیم.

درسطح عالیتر رشد تکاملی، پروسهٔ منظم تقسیم هسته مقدم برتقسیم همه‌جانبهٔ سلول صورت می‌گیرد . این پروسه در تقسیم غیرمستقیم به عالیترین درجهٔ‌کمال خود می‌رسد که بـوسیلهٔ آن مواد هستهٔ سلول مادربا دقتی شگفت‌آور بین‌سلولهای دختر تسهیم به نسبت می‌شود .

با شروع تقسیم غیرمستقیم ، تغییر عمیقی در مـواد هسته پیش می‌آید ، یعنی به پیداشدن‌کروموسومهای قابل رؤیتی‌منجر می‌شود که محتوی DNA هست . سپس این‌کروموسومها خود را در سطح استوایی سلول مرتب می‌کنند وهریك از درازا به‌دونیم تقسیم‌می‌شود. کروموسومهای حاصل که‌بدین‌ترتیب‌تشکیل‌می‌شوند از یکدیگر جدا می‌گـردند و هردسته در یك قطب سلول ، در جاهایی گرد می‌آیند که‌هسته‌های‌جدیدتشکیل شده‌اند،وسیتوپلاسم نیز تقسیم می‌شود (شکل ۱۶) .

بارشدپروسهٔ جنسی که قاعدتاً فقط هنگامی می‌تواندرخ‌دهد که میان اجزای ترکیبی‌گامتهای درهـم آمیخته تطابـق دقیقی موجود باشد توزیع دقیق مواد هسته حائز اهمیت ویژه‌ای شد . بنابراین مقدم بر تشکیل‌گامتها همیشه تقسیم به اصطلاح کاهشی صورت می‌گیرد کـه در آن هـر سلول جنسی فقط نصف جمع کروموسومها را به دست مـی‌آورد ؛ به‌طوری که تمامـی تعداد کروموسومهایی‌که نشانهٔ ویژهٔ انواع مورد بحث است، هنگامی مجدداً تامین‌می‌شود که‌گامتها برای‌تشکیل زیگوت‌درهم‌می‌آمیزند. از این امر چنین نتیجه‌گرفته می‌شودکه تکامل تقسیم غیر مستقیم را باید شرط اصلی پیدا شدن تکثیر جنسی‌تلقی نمود .

توصیف درست میتوز را در هر کتاب درسی یاخته‌شناسی می‌توان یافت ، مراحل پی در پی آن از لحاظ ریخت شناسی Morphology به مفصلترین صورت بررسی شده‌اند . اما طبیعت عواملی که براین پروسه و مکانیسمهای اساسیش تأثیر می کنند ، هنوز برما پوشیده مانده است . روشن است که این شکل تکثیر که در بسیاری از سلولهای معاصر رخ می‌دهد اکنون دیگردرجهٔ بسیار عالی‌پیچیدگی‌سازمانی را نشان‌می‌دهد. ازاین‌رو نمی‌توان آن‌را به‌سادگی برحسب قوانین معمولی فیزیك وشیمی موردبحث قرار داد و از هرگونه مطالعهٔ منشأ تکاملی‌آن بسانی که بسیاری از مصنفان معاصر در تلاش آنند ، طفره رفت .

این امردر موردتکثیر ارگانیسمهای پریاخته که‌پیچیده‌تر از تقسیم سادهٔ سلول است و باآن فرق دارد ، بازهم بیشتر تطبیق می کند. این‌پروسه نه‌فقط براساس‌پروسه‌های نمو، تقسیم وافتراق سلولها ، بلکه برپایهٔ پروسه‌های رشد انتوژنتیك تمام ارگانیسم به عنوان یك سیستم واحدکامل مبتنی است .

این نه ممکن است و نه ضرورت داردکه گروه گوناگون و شگفت‌انگیز اشکال تولید مثل رویشی (Vegetative) و جنسی (Sexual) که در عالم‌گیاهی و جانوری هست ، در اینجا شرح داده شود . چنین شرحهایی را به سادگی مـی‌توان درکتابهای درسی جانورشناسی وگیاه‌شناسی پیداکرد . ما در اینجا فقط‌لازم می‌دانیم که‌اختلافهای اصولی بین‌تکثیرموجودات تك‌یاخته وتکثیر جانوران و گیاهان عالیتر در نظر گـرفته شود . در تقسیم سادهٔ ارگانیسمهای تك‌یاخته، تولید مثل آنهامستقیماً صورت می گیرد و آنچه هم حاصل می‌شود مثل خودشان است . اما برعکس وقتی ارگانیسمهای پریاخته تکثیر می‌یابند ، آنچه «مانند خودشان» می گردد، بنابرتعبیر مجازی لیسنکوفقط «بواسطه سلسلهٔ‌طولانی

استحاله های چیزی کــه مانند خود آن (یعنی خــود ارگانیسم نوزاد ـ م .) نیست» در نسل آنها تجدید تولید مــی‌شود . یعنی ارگانیسم در نتیجهٔ گذر از یک‌مسیرطولانی رشد دستخوش‌تغییرات عمیق کیفی می‌شود وبدین جهت دیگر آن نخواهد شدکه قبلا بود. قوانینی‌که در این پدیدهٔ حیاتی فوق‌العاده مهم حکمفرمــایند ، هنوزهم نیازمند بررسی واثبات هستند .

نیروی خودباز سازی، با قوای نموو تکثیرموجودات‌زنده ملازمتی دقیق داشت . و همان‌طورکه قبلا دیده‌ایم ، به صــورت ابتدایی‌خودمستقیماً از متابولیسم ناشی شده‌است. پدیدهٔ خود باز سازی براین حقیقت مبتنی است‌که ارگانیسم ترکیباتی راکه از لحاظ ماهیت شیمیایی‌نسبت بدان بیگانه‌اندازملاً خارج‌می‌گیرد و آنها را به موادی تبدیل می‌کندکه با مواد همان وقت خودش همانندند . حتی در همین اواخر این نظریه به میزانی وسیع‌در آثار علمی پشتیبانی می‌شدکه تشکیل پیوستهٔ مواد خاص در درون ارگانیسم تماماً به علت وجود نمونه‌های ساخته آمادهٔ این مواد در مادهٔ ژنهای ارگانیسم مزبور صورت می‌گیرد . گمان می‌رفت که این مولکولهای نمونه ، تکثیرمــی‌شوند و بــدین‌سان ثبات ساختمان و ترکیب موجود را تأمین می‌کنند . به‌خاطر می‌آورم که چگونه تمامی‌یک‌شعبه از یک مؤسسهٔ بسیارمعتبر تحقیقات‌علمی مدت زمان درازی بیهوده‌کار می‌کرد و در آن‌کوشش می‌شد تــا اثری از نیکوتین در دانه‌های توتون بیابند . زیرا اگــر پیدا نمی‌شدتوضیح‌وجودنیکوتین‌در گیاه رشدیافته ناممکن‌می‌گردید.

اما شواهد شیمی حیاتی معاصر ، این عقیده را بــه نحو قاطعی ردکرده و برای ثبات سنتزهای بیوشیمی مکانیسمهای‌کاملا مغایری‌کشف نموده است ؛ مکانیسمهایی‌که براساس‌ثبات‌توالیهای خاص واکنشهای بیوشیمی مبتنی هستند . ما می‌بینیم کــه تشکیل

اسیدهای لاکتیك وبوتیریك دربعضی از انواع باکتریها ، تشکیل کلروفیل و آنتوسیانینها[۱] وآلکالوئیدها درگیاهان عالی ، تولید ویتامینها درسلولهای‌مخمر‌قندواستر‌پتومایسین ۲ دراکتینومیستها بدین علت نیست‌که نمونه‌های ساخته آمادهٔ این مواد قبلادرآنها وجود داشته‌اند بلکه بدین جهت است‌که واکنشهای‌شیمیایی‌خاص با توالی جداً معین و کاملی در مرحلهٔ معینی از دوران زندگی آنهارخ می‌دهد. بویژه‌نیکوتین در ریشه‌های توتون فقط‌هنگامی از نوظاهر می‌شودکه افتراق سلولهای مخصوص درآنها به‌ایجاد توالی متابلیك لازم برای بیوسنتز آن منجر گردد .

ثبات تشکیل موادی‌که خصیصهٔ جسم زنده خاصی‌است فقط انعکاس نظمی است‌که در آن واکنش درپی واکنش دیگر درجسم مزبور رخ می‌دهد. این امر «خود بازسازی» ملکولها به معنای واقعی‌کلمه نیست ، بلکه فقط تشکیل مجدد وکاملا ثابت‌آنهاست. توالی واکنشهایی‌که اساس این تشکیل مجدد است به یك عامل بستگی ندارد، بلکه خود مبین‌تمام سازمان پرتوپلاسم ارگانیسم مورد بحث در جریان تأثیر متقابل‌آن برمحیط خارجش است .

همان‌طور‌که قبلا نشان داده‌ایم ، حتی در ابتداییترین مراحل به وجودآمدن حیات ، بایستی ثباتی در توالی‌واکنشهای متابلیك ایجاد شده باشد ، زیرا سیستمهایی‌که بـه آسانی تغییر می‌کردند و به شدت ناپایدار بودند ، پیوسته در معرض خطر از

---

۱. Antocyanins آنتوسیانین نام‌یك دسته ازرنگدانه‌های آلی سرخ یا بنفشرنگ‌گلها ، برگها ، میوه‌ها و ساقه‌هاست . این مواد ازدستهٔ گلوکوزیدها هستند .

۲. استرپتومایسین Streptomycin رایك‌نوع‌اکتینومیست Actinomyceteخاکی از جنس‌استرپتومیسس Streptmyces به‌نام استرپتومیسس گریزئوس Str. Griseus تولید می‌کند ـ م.

دست دادن ثبات دینامیك خود بودند و این به‌معنای نابودی آنها بود. بنابراین پروسهٔ انتخاب که در جریان تکامل تدریجی بعدی آنها صورت گرفت ، فقط آن عده از سیستمهای اصلی را نگه داشت که در آنها واکنشهای شبکهٔ متابلیك برای تشکیل سیکلها و سلسله‌های ماندگار و به‌طور ثابت تکرار شونده با هم متحد شدند .

ارگانیسمهای اولیه براساس این پایهٔ ابتدایی نیز توانستند قدرت سنتزمداوم ترکیبات نسبتاً پیچیده و مورد نیاز خود، نظیر کوآنزیمها یا ATP را کسب نمایند. در جنب این پدیده، تثبیت تدریجی توالی اسید امینه در ساختمان پلیمرهای شبه پرتئینی صورت گرفت .

اهمیت عامل اخیر هنگامی به نحو بارز بیشتر گردید که افزایشهای طول وپیچیدگی سلسله واکنشهای متابلیك موجب شد که بین سرعتهای واکنشهایی که حلقه‌های اتصالی متعدد سلسله‌های مزبور را تشکیل می‌دهند برقراری هماهنگی بسیار دقیقی الزام آور گردد . نیل بدین مقصود فقط پس ازپیدا شدن آنزیمها، یعنی پرتئینهایی که در داخل ملکولهایشان بین بعضی ازگروههای اتمی ارتباط متقابل جداً معینی وجود داشت ، امکان‌پذیر گشت . همان‌طور که می‌دانیم این امر صرفاً به واسطهٔ وجود نظمی معین در توزیع ذخیره اسیدامینه زنجیر پلی‌پپتید به دست نمی‌آید، بلکه براثر طرز تاشدگی زنجیر مزبور در گویچهٔ پرتئین حاصل می‌شود.

به نظر می‌رسد که توالی واکنشهای متابلیك ، یعنی سازمانبندی زمانی اجسام زنده که اساس قدرت ابتدایی تولید مثل آنها را تشکیل می‌داد به تنهایی برای این منظور کافی نبوده باشد. دریك مرحله عالیتر وخاصی از مراحل رشد تکاملی حیات، سازمانبندی فضایی یا پیکربندی Configuration ملکولهای درشت RNA و

دانه‌های ریبونوکلئیکی که توسط RNA به وجود آمد ، از لحاظ تولید مثل حائز اهمیت بسیار شد .

بسیاری ازواقعیاتی کـه اخیرا کشف شده‌اند ، مؤید نقش مهم RNA درسنتز پرتئینهای دارای ساختمان اختصاصی ، بویژه آنزیمها، هستند. اما همان‌طورکه بامثال سنتزویروس نشان‌داده شد وقبلاچند باربدان اشاره کردیم ، این نقش فقط روی زمینهٔیك شبکهٔ متابلیك خاص‌ممکن است اجراشود . ازاین‌رو RNA عامل مستقل و منحصر به‌فردی نیست کـه قدرت تولید مثل موجودات زنده کاملا معلول آن باشد . این قدرت دروهلـه اول به‌سازمان متابلیسم بستگی داردکه درمرحلهٔ جلوتری ازپروسهٔ رشد تکاملی پدید آمد و هرچندکه RNA یك مکانیسم تکمیلـی و روبنایی با منشأ متأخر است ، اما مکانیسم مهمی است و سازمان متابلیسم را به‌سطحی جدید و عالیتر ارتقا داد .

گام بعدی‌که به‌همان سمت برداشته شد پیداشدنDNAبود که مستقیماً برای سنتزیکنواخت پرتئینها لازم نیست . این امر را درموردیك قطعهٔبدون هستهٔ جلبك‌استابولاریا Acetabularia می‌توان دیدکه ماهها قدرت‌سنتزپرتئینها و RNA راحفظ می‌کند بی‌آنکه هسته‌ای داشته باشد (به شکل ۱۷ درآخرکتاب مراجعه شود) .

اما DNA ، براثر اینرسی زیادمتابلیکش ، عامل پایـدار کنندهٔ مهمـی است . احتیاج بـه چنین پایدارکننده‌ای مخصوصاً هنگامی به‌سرعت بیشتر شدکه پیچیدگی روزافزون‌شبکهٔ‌متابلیك بسیارمتغییر وضعی‌به‌وجودآوردکه درآن یك ثبات دینامیك‌واحد به‌تنهایی برای خودبازسازی دقیق سیستم زنده درجریان‌تقسیمش نارساگردید .

دراین مسئله نمی‌توانیم تردیدکنیم‌که قاعدتا ، DNA سنتز

شده درموجودات زندهٔ معاصر درست ساختمان آن‌چیزی را ازنو می‌سازدکه قبلا درهستهٔ سلول وجود داشته است . مـا می‌توانیم توضیح این‌امررا درسنتز آنزیمی پلی‌نوکلئوتیدها بیابیم که‌اخیراً به‌وسیلهٔ س. اچوا، م. گرونبرگ‌ماناگو، ا. کرنبرگ ودیگران انجام‌شد. این‌سنتزها فقط درحضور نمونه‌های پلی‌نوکلئوتیدی‌که قبلا سنتزشده‌اند ، قرین موفقیت مـی‌گردند. ازاین‌رو می‌توان فرض‌کرد که آنزیمهای پرتوپلاسمی درسلول زنده ، ملکولهای جدید DNA را باهمان ساختمان‌ویژه‌ای سنتزمی‌کنندکه‌ملکولهای DNA ترکیب هستهٔ سلول قبلا دارای آن بودند .

مطالعات بیوشیمیایـی معاصر نشان مـی‌دهد که DNA در متابلیسم‌فوق‌العاده‌انفعالی‌است. DNA درهرسلول درحال‌نموجمع می‌شود وگویی‌که از متابلیسم اخراج می‌گردد ، به طوری‌کـه هنگامی‌که بعداً سلول تقسیم می‌شود ، این ماده به‌صورتی‌که قبلا درسلول مادر سنتز می‌شد، بدون تغییر به سلولهای دختر منتقل می‌شود. این‌امر بدون‌شك‌عامل‌بسیارمهم خودبازسازی‌ارگانیسمها در نسلهای آنهاست . اما آن طریقهٔ واقعی‌که موجب می‌شود ، به‌واسطه ثبات‌ساختمانی DNA ، پیوسته‌همان‌توالیهای واکنشهای متابلیك مربوط به‌سلول مادر درسلول دخترنیز رخ دهد ، هنوز بر ما کاملا تاریك مانده است. ولی این نکته در مرحلهٔ‌کنونی تکامل تدریجی‌که می‌توانیم آن را مورد ملاحظه قراردهیم، نکتهٔ پوشیدهٔ مسئلهٔ خود بازسازی موجودات زنده است .

عقیدهٔ عموم بر این است‌که DNA ی موجود در سلـول ، به طریقی که عملا نامعلوم است ، سنتز پرتئینهای اختصاصی و مخصوصاً آنزیمها را تعیین می‌کند . تصور می‌کنندکه DNA یا به طور مستقیم به‌مثابهٔ ماده‌ای بنیادی برای سنتز به‌کار می‌آید ؛ یا اینکه «اطلاعات» ضروری را برای این سنتزکه در

«کد»[1] ساختمان بالفعل DNA هست از راه RNA منتقل می کند. از این‌رو این ساختمان در تشکیل گروه ثابتی از آنزیمها ، و بدین سبب در تشکیل توالی مخصوص و پایداری از واکنشهای شبکهٔ متابلیسم نقشی تعیین کننده دارد.

اما فعلا چنین فرضی تنها برپایهٔ قیاسهای کم و بیش ساده‌لوحانه ، و شواهد بسیار غیـرمستقیم مبتنی است . هیچ بررسی بیوشیمیایی به‌عمل نیامده است که براساس آن پدیده‌هایی که مسلم فرض شده‌اند مجدداً تولید شده باشند . بـرعکس مدارك چندی هست که بیشتر به‌نقض این فرضیه‌گرایش دارند تا به‌تصدیق آن . مثلا اخیراً نشان داده شده است که اگر درباکتریهایی که از لحـاظ اسیدهای نـوکلئیك ساخته آماده بسیار غنی هستند ، میکربهای مورد مطالعه ، موادی را که برای سنتزپرتئینها لازم نیستندولی برای‌تشکیل‌اسیدهای نوکلئیك ضرورند دریافت‌نکنند، سنتزپرتئینها به‌نحوبارزی عقب‌می‌افتدویابه‌کلی متوقف‌می گردد. این امر ایـن‌استنباط را به‌وجود می‌آورد که علت تعیین کنندهٔ ویژگی سنتزپرتئین‌وجود ذرات ساخته آمادهٔ اسید نوکلئیك که کد خاصی دارند نبود، بلکه باز ساخت ذرات مزبور در جریان متابلیسم طبیعی است.

برای‌آنکه نشان دهم کـه غیرازفرضیه‌های پیش گفته شده راجع به‌نقش DNA درخودبازسازی سیستمهای زنده، فرضیه‌های دیگری نیزمی‌تواند وجود داشته‌باشد ، به‌خود (بااستفاده ازحق خویش به عنوان یك مؤلف) اجـازه می‌دهم مشاهدات منتشر شدهٔ اخیرکمونر Commoner را به‌اختصار مطرح نمایم .

به‌هنگام نموسلول ، تشکیل مداوم DNA درزمینهٔ متابلیسم

---

۱. Code «کد» در اینجا به‌معنای مجازی دفترچه یا کتاب علائم رمز به‌کار رفته است ـ م.

عمومی ادامه می‌یابد . ترکیب وساختمان اینDNA با ترکیب و ساختمان DNAی قبلی هسته که‌دراینجا نقش اول را بازی‌می کند، مطابقت دقیق دارد . ملکولـهای DNA ، در جریان تشکیلشان مونو، دی‌وپلی‌نوکلئوتیدهای‌گوناگون‌را ازترکیبات‌متابلیسم‌عمومی استخراج می کنند و اینها درآنجا به‌مقادیری معین و به‌نسبتهایی معین‌پیوسته سنتزمی‌شوند و نقش‌بسیارمهمی‌را به‌عنوان کوآنزیمها، واسطها ، وغیره در متابلیسم ایفـا می‌نمایند . برکنارشدن ایـن مواد فعال ازمتابلیسم عمومی درسنتزاسیدنوکلئیك بانظمی‌که‌جداً مخصوص DNAی مورد بحث است و نیز به‌نسبتهای‌کمی جداً معین صورت می گیرد. ازاین‌رو این ملکول اختتامی DNA نیست که در متابلیسم تأثیر ویژه می کند ، بلکه پروسهٔ واقعی تشکیل آن است. DNA پس‌از ساخته شدن ازمتابلیسم اخراج می‌شود و اگر بتوان چنین‌چیزی گفت ، در «سردخانه» ذخیـره شده و درآنجا بدون تغییر حفظ می گردد و بدین‌سان به سلول جدیدی منتقل می‌شود ودرسلول جدید یك‌بار دیگر نقش اول‌را درسنتز مقادیر جدید DNA ایفا می کند و بدین‌ترتیب درست همان‌طور کـه در سلول مادر رفتار می‌کـرد ، متابلیسم سلول دختر را هم تنظیم می کند.

به‌همان‌طریق که DNAی خودی می‌باید نقش‌اول را بازی کند، DNAی بیگانه نیز اگر بدون تغییری امکان دخول به‌سلول پیداکند، این نقش را ایفاخواهدکرد . شاید این‌همان باشدکه درآزمایشهای‌مربوط به‌مجزاکردنDNA ازیك‌صنف باکتری‌وداخل کردن‌آن درصنف دیگرصورت می گیرد و براثرآن باکتریهای صنف اخیر به‌صنف اول تبدیل می گردند .

ازنظرگاه فرضیه‌ای که هم‌اکنون مطرح گردید ، مجموعهٔ ترکیب بغرنج متابلیسم ، یعنی تمامی سیستم زنده است که دارای

قدرت خود بازسازی است . این نیرو در همان آغاز برقراری متابلیسم و بسیار پیش از پیداشدن DNA پدیدآمد و بدان ارتباطی نداشت. بااین‌حال پیداشدن DNA درتکامل تدریجی‌خصیصهٔ مورد بحث موجودات زنده مرحلهٔ بسیار مهمی بود . پیداشدن DNA نیروی خودبازسازی را به‌سطح بسیار عالی سازمانبندی بالا برد و محافظه‌کاری (Conservatism) مخصوصی ، یعنی‌ثبات پایدار ترکیب ساختمان و متابلیسم را درجریان تقسیم موجودات زنده که پیوسته پیچیده‌تر می‌گشتند ، تأمین نمود . اما این‌امر ،البته به‌هیچ‌وجه‌بدان معنی نیست که‌تمام پدیدهٔ‌خود بازسازی‌بیولوژیك را درست به‌سطح تکثیر» ملکولهای DNA تنزل بدهیم .

نیروی خود بازسازی درشالودهٔ پدیدهٔ توارث قرار دارد ؛ ولی‌مفهوم‌اخیر بسیار وسیعتر ازمفهوم قبلی است. توارث‌تجربیات همهٔ نسلهای پیشین را استحکام می‌بخشد.

بنابراین هرچه طریق تکاملی رشد فیلوژنتیکی که یك ارگانیسم پیموده است ، درازتر باشد وهرچه موجود زنده در پلهٔ عالیتری از نردبان تکامل قرار داشته باشد ، وراثت آن اشکال پیچیده‌تری به‌خود می‌گیرد .

وراثت درابتداییترین موجودات تك‌یاخته ضرورتاً شامل حفظ توالی متابلیك ویژهٔ آنها درجریان نموو تکثیرلاینقطعشان می‌شود. بنابراین دراین مرحله ازتکامل تدریجی ، پدیدهٔ خود بازسازی نقش مسلطی درتوارث دارد.

اما با بغرنجترشدن سازمان موجودات‌زنده ، پروسهٔ‌رشد به‌واسطهٔ تغییراتی اساسی که در متابلیسم پدید می‌آورد ، مسئلهٔ توارث‌اهمیت بیشتری کسب می‌کند. در دورهٔ رشد ارگانیسمهای پریاخته ، یك رشته تغییرات معین درتوالی واکنشهای متابلیك پیش می‌آید که ما قبلا بدانها به عنوان توالی درجهٔ دوم اشاره

کردیم . این یك جنبهٔ‌اصلی توارث موجودات باتکامل عالی‌است که فقط به‌حفظ توالی‌واکنشهای متابلیك مربوط نمی‌گردد، بلکه باگذرارگانیسم ازمراحل رشد فردی، به‌طور عمده به‌سوی‌ابقای تغییرناپذیری‌یك توالی تغییرات منظم‌درمتابلیسم متوجه‌می‌شود. همان‌طور که قبلا دیدیم ، اساس این توالی به‌همان شکل ابقـا می‌شود که درجریان رشد فیلوژنتیك باطی سلسلهٔ دراز نسلهای قبلی تکمیل شده است . این‌امر نمی‌تواند به هیچ عامل منفردی بستگی داشته باشد ، اما سازمان موجود زنده را آنچنان که در طول تاریخ تکمیل گشته است ، منعکس می کند.

بنابراین هرگونه تغییری‌که درمواد هسته یا DNA ایجاد کنیم هرگزموفق نمی‌شویم‌که به‌عبارت ساده ، فیلی رابه‌مگسی یا برعکس مگسی را به‌فیلی تبدیل نماییم . درتغییراتی که می‌توانیم ضمن تحقیقاتمان راجع به‌وراثت مستقیماً مشاهده‌کنیم ، فقط با روبناها و اصلاحاتی‌سروکارداریم‌که برقلهٔ توالی‌اساسی‌تکامل‌قرار دارند وآن راتکمیل می‌نمایند . ما دراینجاگویی باتوالی درجه سومی سروکار داریم . البته آنچه گفته‌ایم هنوز از تـوصیف قانع کنندهٔ تمام پدیدهٔ وراثت بسیار دور است . اما اقلا دلالت براین می کندکه خصیصهٔ مزبور درموجودات باتکامل عالیتر، پیچیده‌تر ازنیروی تولید مثل است‌که درابتدای امریعنی‌همزمان بابه‌وجود آمدن اولیهٔ حیات پدیدآمد. ماهمچنین باید به‌خاطرداشته باشیم که ازمیان همهٔ امکاناتی‌که ذاتی اساس توارث ارگانیسم هستند ، تنها آنهایی تحقق می‌یابندکه شرایط ضروری و مناسبی بـرای تحققشان درمحیط وجودداشته‌باشد. بنابراین وراثت‌فقط می‌تواند براساس وحدت ارگانیسم و محیطش درمرحله‌ای معین از تکامل تدریجی مادهٔ زنده پدیدآید.

همان‌طور که قبلا دیـدیم ، انرژی حاصل از واکنشهـای

اکزوارگیك Exoergic reactions دراجسام زنده برای یك‌عده مقاصد مختلف ـ برای استخراج فعالانهٔ موادازملاءٔ خارج، سنتز اجزای ترکیبی پرتوپلاسم ، نمووتکثیر ارگانیسمها، ونیز برای اعمال اسمزی ، الکتریکی ، وحتی اعمالی نوری‌که در آنها رخ می‌دهند ـ مصرف می‌شود . اما مورد مصرف بویژه روشن انرژی مزبور تغییرشکل انرژی شیمیایی به‌صورتی دیگر، یعنی‌به‌صورت حرکت مکانیکی یاقدرت جابه‌جا شدن ارگانیسم است.

حرکت

این نیرو درهمان آغاز عمرحیات پدیدآمد و بدین جهت می‌تواند بمثابه یکی از خصیصه‌های اساسی همهٔ موجودات زنـده تلقی شود . این درست است که بسیاری ازموجودات زندهٔ معاصر قدرت حرکت قابل رؤیت را ندارند، اما حتی دراین موارد نیز پرتوپلاسم درسلولهای آنها بافعالیت‌کاملی‌حرکت‌می کند ومی گردد. به‌علاوه ، موجودات زنده در هنگام نمو و تکثیر خود ، پیوسته به‌آهستگی حرکت می کنند .

جابه‌جایی موجودات زنده نسبت به محیطشان ممکن است به‌یکی‌ازچهارروش‌آمیبی، مژه‌ای (Ciliary)، تاژکی(Flagellar) وعضلانی ، (Muscular) انجام شود. آخرین نوع جابه‌جایی‌که به‌انقباض عضلانی بستگی دارد جدیدتـرین شکل حرکت است و صفت ویژهٔ موجوداتی باتکامل عالی است‌که بافتهای‌آنها افتراقی عالی یافته‌اند وبه‌انجام وظیفهٔ عضوی خاصی سازگارشده‌اند.البته اینجا پدیدهٔ مزبور به‌پیچیده‌ترین صورت خـود تجلی می کند . اما این‌حقیقت‌که این‌شکل بیولوژیك حرکت‌ازقدیمیترین‌زمانها، به‌شدیدترین وجه بررسی شده درصورتی‌که اشکال ابتداییتر آن به‌ندرت مورد مطالعهٔ جدی واقع شده‌اند ، قضایا را درتاریخ علم

پیچیده‌تر کرده است .

تنها این اواخر است که این نقص برطرف گردید. اما حتی در انجام این امر نیز بعضی از اشخاص غالباً شواهد به‌دست آمده از سیستمهایی را به‌کار برده‌اند که اگر هم بهتر بررسی شوند محققاً بسیار بغرنجتر از آنند که بتوان بـه کمکشان اشکال ابتداییتر حرکت را ارزیابی کرد .

آشکاراست که تغییر برگشت پذیر شکل، و نیروی نگهداری آب ، و خواص دیگر ذرات پرتئین ، و بـالاخره حتی ترتیب این ذرات نسبت به‌یکدیگر درگروه‌های پرتئینی ، نشان دهندهٔ یك رویداد ابتدایی درحرکت بیولـوژیك است . همهٔ این پدیده‌هـا پیوستگی مستقیمی بـا تأثیرمتقابل بین پرتئینها و ATP دارند که دفسفریلاسیون می‌یابد و به‌عنوان منبع انرژی برای حرکت مکانیکی به‌کار می‌آید .

این نوع تغییر مستقیم شکل انرژی شیمیایی به انرژی مکانیکی حتی درسیستمهای پرتئینی باز و اولیه امکان وقـوع یافته و آن هنگامی بوده است که انـرژی آزاد شدهٔ درون سیستمهای مزبور براثر نقل مکان هیدروژن ، دیگر فقط بـه‌صورت گرما پراکنده نگردیده بلکه به‌تجمع دراتصالهای پرانرژی ATP پرداخته‌است. اصلاح تکاملی بعدی این پروسه عبارت بـود از ــ دروهلهٔ اول ــ تسریع واکنشهای همراه باذخیره‌شدن وانتقال انرژی و ــ دروهلهٔ دوم ــ نظم و ترتیب ساختمانی موقعیتهای نسبی میسلهای پرتئینی درگروه‌های آنها .

درساده‌ترین حالت ، انرژی‌ای که درجریـان تنزل ATP آزاد می‌گردد درتبدیل پرتئین پرتوپلاسم (مخصوصاً طبقهٔ سطحی آن) به‌حالت ژل مورداستفاده واقع می‌شود. شواهد معتبر کنونی مدلل می‌دارند که طبقهٔ سطحی پرتوپلاسم حاوی پرتئینهایی است

که می‌توانند با ATP وارد فعل وانفعال شیمیایی شوند. انرژی‌ای که بدینسان آزاد می‌گردد برای حفظ کشیدگی طبقهٔ قشری به‌کار برده می‌شود که شکل وتنوس۱ سلول وابسته بدان است. یك تغییر دراین نیروی کششی می‌تواند به‌حرکت منجرشود. واضح است که چنین پدیده‌هایی‌اساس‌حرکت رابخصوص درموردبعضی‌از گیاهان، تشکیل می‌دهد .

دلایلی‌هست که تصور کنیم که تغییرپروتئینهای پرتوپلاسمی از ژل به‌سل۲ وباز برعکس علت حرکت به‌اصطلاح آمیبی است که صفت مشخصهٔ پلاسمودیمهای۳ قارچهای لزج یـا میکسومیستها ، آمیبهاوموجودات مشابهٔدیگرمی‌باشد. درحرکت‌آمیبی‌برجستگی‌های‌پرتوپلاسمی‌بزرگ وکوچکی (پاواره‌ها= Pseudopodium) به‌وجود می‌آیند که درجهت حرکت آمیب‌کشیده می‌شوند . سپس بقیهٔ تودهٔ زنده به‌داخل این برجستگیهاجاری می‌شود وبدین‌سان نسبت بـه زمینهٔ خود جابـه‌جا می‌شود . نشان داده شده است کـه پلاسمودیم قارچهامحتوی پرتئین ویژه‌ای معروف به‌میکومیوزین

---

۱. Tonus. درفیزیولوژی وبیولوژی کشش‌طبیعی‌پرتوپلاسم را در حالت استراحت تنوس یا تونی‌سیته Tonicite می‌گویند . حالت نیمه‌انقباضی که درعضلات، درموقع استراحت مشاهده‌می‌شود، ناشی از تنوس سلولهای عضلانی است که بدان تنوس عضلانی گفته می‌شود .

۲. Sol یا محلول‌کلوئیدی (Colloidal solution)محلولی است که درآن مادهٔ حل‌شده ، یا Solute در حالت کلوئیدی باشد ؛ مثال ؛ محلولهای نشاسته ، آلبومین و فلزهای کلوئید ـ م.

۳. Plasmodium . منظور از پلاسمودیم‌گروهه سلولهایی است که جدار سلولی‌ندارند وبدین‌جهت سیتوپلاسم مشترك وواحدی را تشکیل می‌دهند اماهسته‌ها ازهم مجزا هستند ـ م.

Mycomyosin است که می‌تواند با ATP واکنش نشان دهد. وقتی که این واکنش صورت می گیرد، ژل پرتوپلاسمی درانتهای متحرك بدن حالت مایع به‌خود می گیرد؛ درحالی که درناحیهٔ «دم» ژل قشری منقبض می گردد. ایـن عمل موجب رانده شدن پرتوپلاسم مایع به‌داخل پاواره می گردد.

بدین‌جهت آنجا که حرکت آمیبی هست، هنوز بخشهای افتراق یافته‌ای درجسم زنده وجود ندارند که عمل جا به‌جا شدن ارگانیسم را اختصاصاً انجام دهند. آنجا که حرکت مژه‌ای یا تاژکی هست چنین افتراقی دیگر صورت گرفته است. مژکها که زائده‌های‌متحرك ومتعدد سلولند درمیان‌موجودات‌بسیارگوناگون جهان زنده، هـم در ارگانیسمهای تك یاخته و هم درموجودات پریاخته‌بسیارشایع‌اند. تاژکها اندامکهای سلولی ویژه‌ای هستند که آنها را درعدهٔ معدودی از ارگانیسمهای تك یاخته، دراسپرماتوزوئیدهای‌بسیاری ازجانوران، درگیاهان‌پست، درزوسپرهای[۱] جلبکها وغیره می‌توان یافت.

باوجود اینکه ایـن دوقسم صورتبندی دربسیاری از جهات به‌یکدیگرشباهت دارند، بازحرکت‌تاژکها به‌نحوعالیتری سازمان یافته وپیچیده‌ترشده است. بویژه تاژکها نه‌تنها مانند پارو (که خصیصه مژکهاست)، بلکه شبیه ملخ هواپیما نیزحرکت می کنند.

به‌رغم شواهد تجربی و توصیفی بسیاری که وجـود دارد، هنوزحرکت مژکها وتاژکها روشن نیست. تنهاچیزی که به‌یقین می‌توان گفت این است که اینجا هم منبع انرژی بـرای حرکت

---

۱ . Zoospores . هاگهای غیرجنسی (Asexual) جنبنده رازوسپر می‌نامند. زوسپرها پرتوپلاستهای عریان، یعنی‌فاقدغشای سلولی هستند وحرکت آنها بسته به‌اینکه دارای مژه یا تاژك‌باشند مژه‌ای یا تاژکی است ـ م.

مکانیکی دفسفریلاسیون ATP است که توسط پرتئینهای ویژه در پرتوپلاسم‌صورت‌می گیرد. مژکهاوتاژکها به‌مثابهٔ اجراکننده‌هایی مستقل عمل می کنند، ولی‌درجریان تکامل‌تدریجی ارگانیسم‌بیشتر از هرچیز تحت نظارت دستگاه عصبی قرار گرفته‌اند : از این‌رو حرکت مژه‌ای وتاژکی، هم ازنقطه‌نظروجود اندامکهای افتراق یافتهٔ مخصوص ، وهم ازلحاظ پیدا شدن نوعی تنظیم درمقایسه با حرکت آمیبی ، نشان دهندهٔ گامهای بس بلندی به‌جلواست . اما نیروی جابه‌جایی ارگانیسم، به‌واسطهٔ انقباض عضلانی فوق‌العاده کارآمد شده است. این شکل حرکت نسبت به‌سایراشکال حرکت هم از لحاظ سرعت وهم ازنظر نیرو آن‌قدر برتری دارد که‌کاملا حق‌داریم‌آن رابه‌عنوان‌خاصیتی‌جدیدتلقی کنیم که‌فقط درمرحله‌ای نسبتاًعالی از رشد تکاملی سلسلهٔ جانوری پدیدآمده است. با پیدا شدن حرکت عضلانی‌نیروی انقباضی ذاتی پرتوپلاسم وظیفهٔ اصلی سلولها یاکمپلکسهایی چند هسته‌ای ـ رشته‌های عضلانی ـ گردید که افتراقی‌عالی‌یافته‌اند وساختمانی‌بسیارپیچیده ومخصوص‌دارند. رشته‌های عضلانی، این ساختمان راناگهانی کسب نکردند، بلکه به‌کمك تشریح مقایسه‌ای و بافت‌شناسی می‌توانیم معتقد به این گردیم که عناصر ساختمانی رشته‌های عضلانی درجریان تکامل تدریجی تغییریافتند وبه‌تدریج باانجام وظایف عضوی خودهرچه بهترسازگار شدند .

عضلات احشایی ، ساختمانی نسبتاًساده دارند. این‌عضلات شامل سلولهای‌کوچك و کشیده دوکی شکل که هرکدام دارای یك‌هسته استمی‌باشد. آنهابه‌طورمشخص‌انقباضهای مکرر ومنظمی می‌یابند که ممکن است‌کاملا مستقل ازدستگاه عصبی‌صورت گیرد؛ گرچه در ارگانیسمهای عالی ، دستگاه اعصاب خودکار برآنها نظارت می کند .

در بی‌مهرگان (Invertebrates) پست، مانند کیسه‌تنان[1] عضلات بدن نسبتاً شبیه عضلات احشایی‌اند و همان نبض منظم و مشخص را دارند. باصعود از پلکان تکامل تدریجی این ساختمان پیچیده‌تر می‌شود؛ اما حتی در کرمها و نرمتنان پستتر نیز هنوز نسبتاً ساده است. فقط در بی‌مهرگان عالیتر مانند نرمتنان پا بر سر یا حشرات است که پیچیدگی آن به‌پیچیدگی عضلات تنه و استخوانبندی مهره‌داران می‌رسد . افتراق ساختمانی این‌عضلات به‌اصطلاح مخطط، بسیار عالی است وخاصیت انقباضی آنها بویژه از لحاظ سرعت وقدرت انقباض به‌پایهٔ شگفت‌انگیز بلندی رسیده است .

دلایلی هست که معتقد شویم به اینکه چنین برتری عملی فقط در نتیجهٔ تغییرات منفردی که درسطح پرملکولی صورت می‌گرفت ، نمی‌توانست حاصل شود. هیچ شك نمی‌توان داشت که درکارعضلانی ، حرکات گروهه‌های پرتئینها نسبت به‌یکدیگر در ساختمان رشتهٔ عضلانی اهمیت بسیار دارند .

مهمترین این پرتئینها اکتین ومیوزین هستند. بنابرعقیدهٔ و. انگل‌گارت V. Engel' gardt وم. لیوبیموا M.Lyubimova میوزین‌آنزیمی است که ATP را دفسفریله می‌کند . این دو باهم ترکیبی می‌سازند به‌نام اکتومیوزین که ملکولهای ترکیبی آن سمتگیری فضایی معینی دارند . تلاشهای زیادی شده است . که‌کار عضله را بامدلهایی دوباره عملی کنند که اختصاصاً ازاکتومیوزین ساخته شده باشند. اگرATP به‌تارهای اکتومیوزین افزوده شود، تارهای مزبور منقبض می‌گردند وکار انجام می‌دهند و درهمان

---

۱. Coelenterates . کیسه تنان شاخه‌ای از جانوران بی‌مهره را تشکیل می‌دهند . مرجانها ، شقایق دریایی از جملهٔ کیسه‌تنان به‌شمار می‌روند ـ م .

وقت ATP مورد استفاده واقع می‌شود . سپس تاراکتومیوزین شل می‌شود ودوباره می‌توان با افزودن ATP آن‌را منقبض کرد. بدین سان ، در اینجا اکتومیوزین نقش یك ادنوزین تریفسفاتاز Adenosine triphosphatase را ایفا می‌کند و انرژی ATP را آزاد می‌سازد وبدین‌ترتیب موجب انقباض تار می‌گردد .

باوجوداین حتی بهترین نمونه‌های اکتومیوزینی که‌تاکنون ساخته شده‌اند ، نمی‌توانند شباهت تامی به رشتهٔ عضلانی پیدا کنند. روشن است که ساختمان رشتهٔ عضلانی بسیار عالیترسازمان یافته است و انقباض‌آن با حرکت مرتب ملکولهای میوزین و اکتین یا ترکیبهای آنها همراه است . تنظیم انقباض عضلات اسکلتی نیزفوق‌العاده بغرنج وبه‌نحوی عالی‌سازمان یافته است و به‌وسیلهٔ دستگاه اعصاب انجام می‌شود .

تحریك پذیری و فعالیت عصبی

در بسیاری از موارد ، حرکت مکانیکی بارزترین نشانهٔ تحریك پذیری (Irritability) است که خصیصهٔ عمومی همهٔ موجودات زنده است . تحریك پذیری را معمولا به‌معنای قدرت جواب دادن ارگانیسم به محرکی (Stimulus) محیطی به‌وسیلهٔ واکنشی می‌دانند که ازلحاظ نیرو ، مکان و خصلت بانیرو،مکان و خصلت خود محرك ، مطابقت ندارد . این واکنش ارگانیسم به‌دلیل برگشت پذیربودنش با پدیده‌های مشابهٔ‌آن درطبیعت‌غیر زنده اختلاف اساسی دارد . تخلیهٔ انرژی در یك سیستم معدنی (مثلاانفجار باروت) برگشت خود به‌خودی به‌حالت اولیهٔ‌سیستم را به دنبال ندارد . در موجودات زنده ، برعکس این برگشت رخ می‌دهد؛ به‌طوری‌که یك‌تحریك قاعدتاً می‌تواند بارهاتکرار شود .

با اشکال می‌توان گفت که تلاشهای مصنفان متعدد معاصر برای آنکه پدیده‌های مشابهٔ تحریك پذیری بیولوژیك را حتی در سطح یك ملکولی رشد تکاملی ماده کشف نمایند تا چه اندازه به مورد است . اما می‌توان تصور نمود که سیستمهای پرملکولی بازی که آنهارا شالودهٔ منشأحیات فرض کردیم، به‌مجرد اکتساب نوعی متابلیسم ، هرقدر هم که ابتدایی بوده باشد، دارای نیروی واکنشی ویژه‌ای در برابر تأثیرملاً خارجی پیرامونشان شدند. با پیدا شدن پروسه‌هایی که موجب ذخیره شدن انرژی (مثلا به‌شکل‌ATP) می‌شدندسیستمهای مزبورامکان یافتند که این‌انرژی را در پاسخ محرك خارجی تخلیه نمایند . این امر می‌بایست به تغییرات کلوئیدی شیمیایی در سیستمهای کوآسروات، ومخصوصاً به‌تغییراتی‌در درجهٔ انتشار ترکیبات شبه‌پرتئینی موجود درآنها، و همچنین به‌تغییرات چسبندگی و نیروهای جذب سطحی، یعنی به همهٔ پدیده‌هایی که حالا هم به هنگام تحریك پرتوپلاسم سلول صورت می‌گیرد ، منجر شده باشد . اما در سیستمهای اصلی همان‌طور که درپرتوپلاسم معاصرصورت می‌گیرد، انرژی مجدداً اندوخته می‌گردید . براثر واکنشهای لاینقطع متابلیکی که در آنها رخ می‌داد ، انباشته شدن مجدد انرژی صورت می‌گرفت و در نتیجهٔ آن سیستم به‌حالت اصلی خود باز می‌گشت .

اگرچنین نمی‌شد، سیستمهای اولیه پیوسته درمعرض‌خطر نابودی قرار می‌گرفتند. بدین‌سان عامل انتخاب طبیعی در این باره به‌وضوح خاصی تجلی کرد . تکامل تدریجی بعدی تحریك پذیری، به‌عنوان‌یك‌خصیصهٔ اصلی واولیهٔ هرجسم زنده، درنتیجهٔ تأثیرعامل مزبور سمت‌کاملا معینی پیداکرد وبراساس‌این‌خصیصهٔ جدید، ومخصوصاً براساس ارگانیسمهای‌ابتدایی مزبور، قابلیت

تهییج[۱] درآنها بەوجودآمدکه درآن هنگام خصلت سازش بارزی داشت و موجوداترا قادر می‌ساخت‌که اعمال خاصی رادرجواب تأثیر دنیای خارج انجام دهند.

قابلیت دخول موجودات زنده دریک حالت تهییج شده، تحت تأثیر محرکهای بیرونی یا درونی، پیش از هرچیز در بر گشت فعال توالی و شدت واکنشهای متابلیك (که با مصرف شدن ذخیره‌های داخلی انرژی صورت می‌گیرد) تجلی‌می‌کند. بااین‌حال، این‌تغییرات‌باعده‌ای ازتغییرات ساختمانی،فیزیکی، و فیزیکو شیمیایی اختصاصی تهییج پرتوپلاسم بەهم پیوستگی محکمی دارند. از این میان باید بەپدیده‌های بیوالکتریك[۲] (پتانسیلهای بیوالکتریك وجریانهای الکتریك کار)[۳] توجهی

---

۱. Excitability. قابلیت تهییج از لحاظ فیزیولوژی و بیولوژی بەمفهوم قدرت واکنش اختصاصی ارگانیسمهای تك یاخته و بافتهای موجودات عالیتر به محرکهای مربوطه است. چنانکه می‌دانیم هربافت براثر افتراق ساختمانی شکلی وعملیش در برابر محرکهای خارج، واکنش مخصوص خویش را بروز می‌دهد (عضله منقبض می‌شود، غدۀ مترشح مایع خود را ترشح می‌کند و غیره). درکتاب حاضر برای قابلیت تحریك یا تحریك پذیری مفهوم عام قدرت واکنش جوابی پرتوپلاسم زنده بەمحرکهای محیطی منظور نظراست؛ درصورتی که قابلیت تهییج یا تهییج‌پذیری بدین معنی آمده است که پرتوپلاسم زنده درپاسخ محرکهای معین اعمال‌خاصی را درکادر موجودات تك‌یاخته یا پریاخته انجام می‌دهد.

۲. Bioelectric phenomena. پدیده‌های الکتریکی را که در سلولهای زنده روی می‌دهد، پدیده‌های بیوالکتریك می‌نامند ــ م.

۳. Action current. جریان الکتریکی را که در ضمن کارعضلات درآنها بەوجود می‌آید، جریان کار می‌نامند ــ م.

مخصوص بکنیم . سابقاً تصور می‌رفت که جریانهای کار فقط در بافتهای عصبی وعضلانی رخ می‌دهد و درانجام وظیفهٔ عضوی این سیستمهای دارای افتراق عالی، نقش عمده را دارند، اما اکنون نشان داده‌شده است که پتانسیلهای بیوالکتریك درهرپروتوپلاسم افتراق نیافته هم‌مانند پروتوپلاسم میکسومیستها، آمیبها، جلبکها وغیره وجود دارد.

این صفت ویژهٔ ابتداییترین ارگانیسمهای تك‌یاخته‌است که‌حالت‌تهییج درآنها فقط درجواب تأثیرمستقیم وبلافصل‌محیط پدید می‌آید . منطقهٔ تهییج‌بامنطقهٔ تحریك شدهٔ محرك مطابقت دارد ؛ درحالی که‌خود تهییج فقط بسیارآهسته ظاهر می‌شود و میل قابل ملاحظه‌ای به‌انتشار ندارد.

اما سیر تکامل تدریجی موجودات زنده درجهت ظهور و اصلاح پروسهٔ توسعهٔ تهییج رهنمون شد واین امر موجب تقویت وحدت ارگانیسم ومحیطش گردید . ازهنگامی که ارگانیسمهای پریاخته پابه‌عرصهٔ وجودنهادند، توسعهٔ تهییج حائز اهمیت‌بویژه بزرگی شد. شواهد فیزیولوژی مقایسه‌ای نشان می‌دهد که پدیدهٔ مزبور درجریان تکامل‌تدریجی‌حیات ازچه راهی به‌تدریج اصلاح گردید. درارگانیسمهایی که دستگاه‌اعصاب ندارند۔ مانندگیاهان۔ انتشارقابلیت تهییج ضرورتاً سلول به‌سلول ، و مخصوصاً به‌واسطهٔ جابه‌جاشدن محصولات متابلیك مخصوصی‌توسعه می‌یابد که براثر تحریك تولید می‌شوند . این است راه تهییج نقاط دور از محل تحریك درارگانیسمهای این مرحله ازتکامل تدریجی .

این قسم انتقال تهییج با این صورت ابتدایی‌که دارد ، ازآنجاکه نسبتاً به‌آهستگی‌صورت می‌گیرد، هنوزبسیارناقص‌است. حتی براین اساس هم ممکن بود افزایشهای قابل ملاحظه‌ای در سرعت انتقال تهییج درجریان تکامل تدریجی حاصل شود. اما در

این مورد پیشرفت اصلی فقط براثر پیداشدن و تکامل دستگاه اعصاب با اعمال اختصاصی‌اش، یعنی بادریافت محرکها و انتقال تحریکات صورت گرفت ، این امر درتکامل تدریجی حیات، حادثهٔ فوق‌العاده مهمی بود. این رویداد سرنوشت‌تمام تکامل بعدی سلسله جانوری رامعین نمود که درآن دستگاه اعصاب درایجاد تمامیتی متشکل از ارگانیسم ومحیط پیرامونش نقش درجهٔ اول را بازی کرده است.

همان‌طور که قبلا نشان دادیم، در ارگانیسمهای ابتدایی قابلیت تحریك وقابلیت‌تهییج ناشی ازآن هنوز ازهم افتراق‌نیافته وموضعی نشده‌اند ودرهمهٔ نقاط بدن به‌میزان کم و بیش برابر وجود دارند . موجودات مزبور دربرابرمحرك خارجی‌فقط ازراه‌تماس مستقیم بامنبع آن محرك می‌توانند واکنش‌نشان بدهند. سیستمهای عصبی که ازلحاظ ریخت‌شناسی و فیزیولوژی افتراق یافته‌اند ، امکانات واکنش از دور را به‌نحو بیمانندی بیشتر کرده‌اند . بر-اساس چنین سیستمهایی بود که ارگانیسم استعداد خودیابی را در مکان و زمان یافت ؛ و این امر به‌بسط بی‌اندازهٔ مجالهای مناسب حالش ، یعنی حوزه‌ای که درآن می‌توانست زیست ، منجر شد . فیزیولوژی مقایسه‌ای به‌ما می‌آموزد که دستگاه اعصاب چگونه به‌سرعت وبه‌طورمترقی درجریان تکامل تدریجی سلسلهٔ جانوران رشد یافت . حتی در مرحله‌ای نسبتاً ابتدایی هم تأثیر متقابل ارگانیسم ومحیط دروهلهٔ اول، به‌انتشارمعین حساسیت ابتدایی و عمومی اجسام زنده ، و به‌پیدا شدن صورتبندیهایی تخصص یافته درقسمتهای خاص‌بدن منجر گردید. منشأ این‌به‌اصطلاح گیرنده‌ها (یا اعضای حسی) ، درجریان تکامل تدریجی حیات ازیك سو با تشکیل راههای عصبی اختصاصی که تهییج درامتداد آنها انتقال می‌یافت، و ازسوی دیگربا استقرار گروههای سلولهای عصبی در داخل ارگانیسم که راههای عصبی به‌سمت‌آنهامتوجه می‌شدملازمت

دقیقی‌یافت. این گروهه‌هامبادی دستگاه اعصاب مرکزی راتشکیل دادنــد . اهمیت عملی این دستگاه درارتباطات دوجانبیش نهفته است. این‌دستگاه بوسیلهٔاعصاب آورنده[1] به گیرنده‌هاو بدین‌جهت، به‌محرکهایی‌مربوط می‌شود که گیرنده‌ها ازمحیط بیرونی ودرونی دریافت می‌کنند. ازطرف دیگر، دستگاه اعصاب‌مرکزی به‌وسیلهٔ اعصاب برنده[2] براندامهای متعددکارگر یا اجراکننده‌های جسم زنده مانند عضلات، انواع مختلف غدد وغیره تأثیرمی‌کند. بدین تــرتیب فعالیت این اجراکننده‌هــا تحت نظارت دستگاه اعصاب مرکزی است و به‌وسیلهٔ آن تنظیم می‌شود .

این‌نوع سازمان دستگاه اعصاب موجبات پیدا شدن طریق کیفی جدیدی را فراهم ساخت‌که ارگانیسم بـه‌کمك آن توانست دربرابرهرمحرك خارجی ازخود دفاع نماید. برخلاف زمانی‌که موجودات‌زندهٔ دوران ماقبل عصبی دربرابرمحرکها، واکنشهای بی‌نظمی داشتند، با تکامل دستگاه اعصاب ، در دریافت تحریکات محیط به‌وسیلهٔگیرنده‌های اختصاصی (اندامهای شنوایی، بینایی، لامسه وغیره) افتراق حاصل شد ؛ و انتقال تهییج به‌کمك مرکز عصبی‌صورت‌گرفت وواکنش جوابی موجود زنده درپاسخ ازعلائم رسیده ازمرکز، ازراههای‌هدایت رشته‌های اعصاب‌برنده به‌وسیلهٔ اعضای اجرا کنندهٔ تخصص یافته انجام شد . این پروسه که در فیزیولوژی جانوران بسیارمهم‌است به‌نام انعکاس‌خوانده می‌شود.

یك انعکاس درابتدایی‌ترین صورت خود ، شامل جوابی‌غیر

---

۱. Afferent ، آورنده به‌آن دسته از رشته‌های عصبی گفته می‌شود که تحریکات را به‌مراکز مربوط دماغی می‌رسانند ـ م .

۲. Efferent ، برنده نام‌آن دسته از رشته‌های عصبی‌است که فرمانهای دستگاه مرکزی اعصاب را به‌اندامهای اجرا کننده می‌رسانند ـ م .

شرطی وثابت از ارگانیسم است به‌تحریك خارج . زیرا تحریك به‌طورخودکار از راه مرکزعصبی به‌اعضای ویژه منتقل می‌شود .
با این حال، درجریان تکامل تدریجی جانوران نه‌تنها گیرنده‌ها و اجراکننده‌ها بادریافت افتراقی محرکهای خارجی و داخلی و با اجرای اعمال جوابی مقتضی‌سازش یافتند، بلکه همچنین‌طریقهٔ تجدید سازمان اشکال متعدد و متنوع تحریك درمناطق مرکزی سیستم اعصاب اصلاحات زیادی یافت؛ به‌طوری‌که علائم رسیده از آن مراکز به‌اعضای اجراکننده ، ازلحاظ ماهیت، دارای خصلت اختصاصی عالی شدند. این امر بـه‌قدرت تحلیل و ترکیب مفصل تظاهرات مختلف دنیای خارج و شرایط همیشه متغیر درون خود ارگانیسم بستگی داشت ..

درچنین وضعی، تکامل دستگاه مرکزی اعصاب (مغز ونخاع شوکی) ازلحاظ اصلاح ارتباطات اختصاصی بین‌ارگانیسم ومحیط آن اهمیت بویژه زیادی‌کسب نمود . این امر بودکه پایهٔ فعالیت عصبی حیوان و انسان راتشکیل داد .

طبق‌آموزشهای‌ایوان پتروویچ پاولوف Ivan Petrovitch Pavlov فعالیت عالی عصبی جانوران دارای سازمان بدنی عالی، براساس انعکاسهای شرطی ، یعنی برپایهٔ انعکاسهایی از طرازی عالی و از نوعی باکیفیتی ویژه مبتنی است . این انعکاسها درطی حیات فردی به‌وجود می‌آیند و روی شالودهٔ انعکاسهای غیرشرطی مادرزادی بنامی‌شوند. برخلاف انعکاسهای غیرشرطی، انعکاسهای شرطی بی‌دوامند . انعکاسهای شرطی نسبت به‌همهٔ انواع تغییرات محیط داخلی وخارجی ارگانیسم حساسند و روی هم رفته بدانها وابسته هستند. براثر این صفت مشخصه‌است‌که انعکاسهای‌شرطی وسایل بسیار انعطاف پذیر وحساس و دقیق سازش دادن ارگانیسم بامحیط همیشه متغیراست. همان‌طورکه ای. پ. پاولوف نوشت :

«جانور به‌عنوان یك سیستم ، فقط از راه حفظ تعادل پیوستهٔ خود بامحیطش می‌تواند باقی بماند ؛ یعنی به واسطهٔ واکنشهای خاص سیستم زنده به‌محرکهای رسیده از خارج که در جانوران عالی به‌نحو بارز به کمك دستگاه اعصاب به‌شکل انعکاس اجرا می‌شوند.» اوسپس می‌نویسد «... اگر ارتباط بین یك عامل خارجی وجواب موجود زنده بدان ثابت باشد عاقلانه است که آن را انعکاسی غیر مشروط بخوانیم ؛ ولی اگر این ارتباط فقط موقت باشد آن را انعکاسی شرطی می‌نامیم.» پاولوف عقیده داشت که سازش ارگانیسم بامیحطش به کمك انعکاسهای غیرشرطی، فقط درصورتی مؤثر واقع می‌شود که محیط خارج مطلقاً ثابت بماند. «اماچون محیط خارج فوق‌العاده متغیر است و به‌علاوه مدام در نوسان است ، ارتباطات غیرشرطی به‌علت ثابت بودنشان کافی نیستند واحتیاج به‌این‌دارند که به‌وسیلهٔ انعکاسهای موقت شرطی تکمیل شوند .»

درطی تکامل تاریخی جانوران ، رابطهٔ بین انعکاسهای غیرشرطی وشرطی همواره به‌سود دستهٔ اخیر درتغییر بوده است . درمورد رفتار بی‌مهرگان و مهره‌داران پست ، اعمال مادرزادی بر انعکاسهای شرطی غلبه داشتند . در جانوران عالی غلبه با انعکاسهای شرطی است که همیشه بغرنجتر و مؤثرتر می گردند .

فعالیت عالی‌عصبی جانوران عبارت ازیك سلسله انعکاسهای شرطی به اقسام متعدد وگوناگون است که در جریان رشدفردی به وجود می‌آیند . پاولوف طریقه‌ای راکه مردم به وسیلهٔ آن محیط خویش را احساس می کنند ، می بینند ، و می‌فهمند، بویژه به عمل انعکاسهای شرطی نسبت می‌دهد . بدین‌ترتیب فعالیت انعکاسی‌شرطی یا دستگاه ابتدایی‌اخبار، (Primary signalling system) واقعیت، خصیصهٔ مشترك بین حیوان و انسان است .

اما با تکامل فعالیت عملی و حیات اجتماعی انسان علائـم

درجهٔ دومی به وجود آمدند ورشد کردند و فوق‌العاده مؤثر شدند. آنها علائم این علائم ابتدایی هستند که بـه صورت کلمات تلفظ شنیده ودیده می‌شوند . این‌دستگاه ثانوی اخبار (Secondary signaling) که از لحاظ کیفی جدید است ، در واقع فقط در انسان است . طبق نظریهٔ پاولوف این علائم علائم ، گویی عبارت از تعمیمات و تجریـدات (Abstraction) واقـعیتند . « آنها مجردات واقعیتند و به ما امکان تعمیمهایی را می‌دهند که اندیشهٔ عالی ، فوق‌العاده ، و خاص انسان را ساخته ، و ابتدا عقل سلیم را به وجود آورده و سرانجام علم را . یعنی وسیله‌ای را پدیـد آورده که انسان از لحاظ شناخت عالیتر موقعیت خود در عالـم خارج مدیون آن است .»

اما در اینجا حوزهٔ تکامل بیولوژیک ماده جای خود را به‌شکل جدیدآن ، یعنی به‌شکل زندگی اجتماعی مردم می‌دهد.

۵ نتیجه

ازکلیهٔ مطالبی‌که بررسی شد چه نتایجی می‌توان گرفت ؟

حیات یك شکل مخصوص و بسیاربغرنج حرکت‌ماده‌است.

با پیدا شدن حیات ، ماده دارای خصیصه‌ای نو شدکه قبلا نداشت و این امرفقط در دوره‌ای خاص از عمرسیارهٔ ما رخ داد واز تکامل منظم‌آن حاصل شد .

حیات برروی زمین‌توسط عدهٔ بسیارکثیر سیستمهای‌منفرد مجزا از هم به‌نام‌ارگانیسم متظاهرمی‌شود. حیات فقط در وجود این ارگانیسمها وجود دارد و در هیچ یك از اشیای دیگردنیای خاکی ما یافته نمی‌شود . از این‌رو انسان نباید خارج از این ارگانیسمها دربارهٔ حیات بـه صورت مجرد و مستقل از اجسام زنده بیندیشد .

بسیارمحتمل است‌که حیات‌دراکثریت اجرام سماوی‌وجود نداشته باشد، ولی با این همه ، حتی زمین ماهم‌در دوران‌درازی از عمرش فاقد حیات بود . می‌توان تصور کرد کـه در فضاهای نامحدود عالم اشکال عالی و فوق‌العاده عالی تکامل یافته و بغرنج حرکت ماده وجود دارندکه اکنون هیچ تصوری دربـارهٔ آنها نداریم . با این‌حال باز به‌هیچ‌وجه لازم نیست‌که همهٔ این‌اشکال عالی‌تکامل ماده رابا‌حیات همانند بدانیم. زیرا، البته، پروسه‌های واقعی تکامـل در همهٔ اجرام سماوی بـه میزانی وسیع متفاوت

بوده وهستند. اما در میان‌جمع بی‌شمار این قبیل اجرام، عده‌ای اگرچه ممکن‌است معدود باشند ، ولی تقریباً همان خطسیرهای تکاملی زمین رادنبال نموده‌اند. بنابراین حق نداریم‌که زمین‌را تنها مسکن‌حیات بدانیم. اشکال مشابهی‌ازحرکت‌ماده‌درسیاره‌های دیگر نیز ـ خواه به‌ما نزدیك وخواه ازما دورباشند ـ بایدوجود داشته باشند . اما فقط پروازها و مسافرتهای‌کیهانی می‌توانند جوابی مستقیم به‌این مسئله بدهند. ما نمی‌توانیم حیات رافقط و فقط با مطالعۀ خصوصیات ارگانیسمها، آنچنان‌که اکنون‌هستند، یعنی بدون مراجعه به تاریخ گذشته‌شان ، بشناسیم . بویژه،حتی تحلیل جامع پدیده‌های فیزیکی و شیمیایی‌ای‌که در اجسام زنده جریان دارند برای چنین شناختی‌کافی نیست . شناخت درست طبیعت اصلی حیات فقط در پرتو معرفت به منشأ و تکامل آن امکان پذیر است .

بررسی این مسئله نشان می‌دهد که در طی ابتداییترین دوران عمر سیارۀ ما تنها قوانین فیزیك وشیمی برپروسه‌های‌رشد تکاملی آن‌کاملا حکمفرما بودند . افزایش تدریجی پیچیدگی ترکیبات آلی ابتدایی‌که تحت این شرایط رخ داد ، حالتی پدیدآوردکه در آن آب دریاها و اقیانوسهای آن وقت تبدیل به‌محلولی‌شدکه تحت‌عنوان «آبگوشت غذایی» بدان اشاره شد و از ترکیبات شبه پرتئینی و دیگر ترکیبات مشابه دارای وزن ملکولی زیاد تشکیل یافته بود .

اما هنگامی‌که این ترکیبات به شکل سیستمهای‌کاوئیدی (مثلا قطره‌های‌کوآسروات) ازمحلول عمومی جدا شدند وحدود مشخصی نسبت بدان یافتند . شرایط لازم برای تأثیر متقابل این سیستمها و محیط به‌وجود آمد . بدین‌سان تکامل بعدی این سیستمهای‌آلی منفردتحت‌کنترل انتخاب طبیعی درآمدکه‌قانونی

نو بود و قبلا در طبیعت وجود نداشت . این قانون در جریان واقعی استقرار حیات به‌وجود آمد و بنابراین طبیعت بیولوژیك داشت .

به واسطهٔ تأثیر انتخاب طبیعی ، تنها سیستمهایی برای بقا و تکامل بعدی حفظ شدند که به‌وجه نیکویی با سازمان داخلی تحت شرایط متداول محیط و اعمال صیانت ذات وخودبازسازی، سازش یافته بودند. بدین ترتیب به سبب تأثیرمتقابل بین اجسام زنده و جهان پیرامونشان که به وضوح توصیف شد، ونیز براثرسازش یا «تضمن مقصود» ، ساختمانی پدیدآمد که صفت بسیار ویژهٔ همهٔ موجودات زنده بدون استثناست و همچون تاری قرمز درتمام‌پود حیات ، از همان آغازهای آن تا به‌امروز می‌دود .

خط سیرهای تکامل تدریجی بعدی حیات را نمی‌توان‌تنها بر پایهٔ قوانین فیزیك و شیمی شناخت . چه حیات از میدان فوق‌العاده وسیعی از امکانات گذر می‌کرد که توسط این قوانین به‌رویش بازشده بود. و فقط آن‌جهاتی را انتخاب و دنبال‌می‌کرد که ضرورت تاریخی معینی آنها را به‌آن تحمیل کرده بود .

بدین دلیل سازمانبندی زمانی ومکانی ویژهٔ هرموجود زندهٔ معاصر ، یعنی شالودهٔ متابلیسم بیولوژیك‌وساختمان سلولی را فقط با مطالعهٔ تاریخ تکامل تدریجی حیات و تاریخ استقرار قوانین بیولوژیك می‌توان شناخت که اختصاصاً بر این تکامل حکمفرمایند .

بنای این شالوده‌ها به‌صدها میلیون سال پروسهٔ تکامل حیات ، و شاید به نصف مدت عمرحیات برروی زمین احتیاج داشت . بنابراین هرتلاشی‌که برای تجدید تولید مصنوعی ، یا سنتز حتی ساده‌ترین موجودات زنده صورت‌می گیرد ، باز باید بسیار ساده‌لوحانه تلقی شود . آشکار است‌که سنتز حیات باید از

سیستمهایی شروع شود که نقطهٔ آغاز پیدا شدن حیات بر روی زمین را تشکیل می‌دادند .

تعدادی از ویژگیهای کلیهٔ موجودات زنده‌ای که اکنون می‌شناسیم مستقیماً از متابلیسم آنها و از ساختمان فوق‌العاده ظریف ویژه‌شان ناشی‌شده‌اند. این خصوصیات روی هم موجودزنده را از لحاظ کیفی از اشیای دنیای غیرآلی متمایز می‌سازند . از جملهٔ ویژگیهای مزبور، قدرت موجود زنده در جذب فعالانه و انتخابی مواد از محیطهایشان و دفع محصولات متابلیسمشان به‌همان محیطها، وهمچنین نیروهای رشد، تکثیر، خودبازسازی، نیروی حرکت ، و بالاخره آن خصوصیتی‌که ویژهٔ هر موجود زنده است ، یعنی واکنش جوابی ارگانیسمها به تأثیرات محیط خارج یا تحریك پذیری آنهاست .

درجریان‌تکامل بعدی‌ارگانیسمها، هریك‌از این‌خصوصیات نه تنها پیوسته بغرنجتر شد ، بلکه به اشکال‌کیفی جدید مظاهر حیات دگرگونی یافت . ازآنجاکه تکامل تدریجی حیات مسیر واحدی را دنبال نکرده ، بلکه در امتداد خطوط انشعابی‌زیادی گسترش یافته است ، تظاهرات جدیدی‌که پدید می‌آیند در تمام دنیای زنده وجود ندارند و فقط در یك یا دیگر بخش‌آن‌هستند. با این‌حال، اگر بخواهیم تصویری‌جامع از حیات ترسیم‌نماییم نباید آنها را نادیده بگیریم .

هرچه تکامل تدریجی‌موجودات زنده پیشتر رفت، مظاهر جدید حیات خصلتی بغرنجتر و از لحاظ بیولوژی ، مشخصتر کسب نمودند. بنابراین نمی‌توان‌آنها را با پروسه‌های مقدماتی طبیعت غیرآلی به‌طورمکانیکی مقایسه نمود و سیرتکامل تدریجی مادهٔ زنده را نادیده‌گرفت . ما فقط در صورتی می‌توانیم‌آنها را واقعاً بشناسیم‌که‌تاریخ تکاملشان را ازاشکال ابتداییترسازمانبندی

بیولوژیك مطالعه کنیم .

متأسفانه باید بپذیریم که پیشرفت ما درشناخت حیات هنوز بسیار جزئی است . این امر بیشتر بدین‌علت است که حتی اکنون نیز بسیاری ازدانشمندان شیوه‌ای متافیزیکی برای حل این مسئله اتخاذ می‌کنند و طریق تکاملی حل آن را در نظر نمی‌گیرند .

این صفت ویژهٔ رشد تکاملی ماده است که پیوسته سریعتر می‌شود و گویی منحنی صعودی باشیب تندی را طی می‌کند. انجام تکامل بی‌زیست خاسته موادآلی به‌چند هزار میلیون سال احتیاج داشت. هنگامی که حیات پدیدآمد، تکامل باسرعت بسیاربیشتری ادامه یافت . تغییرات اساسی درجریان تکامل تدریجی حیات‌در عرض صدها یا دهها میلیون سال رخ داد . ظهور و تکامل انسان روی‌هم‌یك‌میلیون‌سال‌طول کشیده است . تجدید نظامهای‌اجتماعی در طی چند هزار سال یا چند قرن رخ می‌دهند و ما اکنون می‌توانیم مشاهده کنیم که رویدادها وپیشامدهای عظیمی‌درزندگی انسان حتی در عرض دوره‌های ده‌ساله روی داده‌اند .

ما باید این قانون تکامل را همیشه در تحلیل حوادث گذشتهٔ دور ، و نیز در پیش‌بینیهای خود دربارهٔ آینده به‌یاد داشته باشیم .

هنگامی که شکل نوی از حرکت ماده به وجود بیاید ، اشکال کهن طبعاً به‌موجودیت خود ادامه می‌دهند؛ اما آنها فقط نقش ناچیزی درپیشرفت بعدی دارند. زیرا باسرعتی‌رشدمی کنند که از سرعت رشد شکل جدیدتر بسیار آهسته‌تر است . ما این امر را در مورد منشأ حیات، هنگامی که روشهای کهن‌وبی‌زیست خاسته سنتز ترکیبات آلی به‌عقب رانده شدند ، ملاحظه کردیم، می‌توان‌انتظار داشت که‌این امر برسرسنتزهای سریعتر بیولوژیك نیز ، به‌هنگام گذر از شکل بیولوژیك به‌شکل اجتماعی حرکت

ماده پیش آمده باشد .

انسان در طی هزاران سال تقریباً هیچ تغییر بیولوژیکی نکرده است ؛ ولی در طول این مدت قدرت تسلط بی‌حسابی بر جهان پیرامونش یافته و این قدرت نتیجهٔ یك تکامل اجتماعی عمومی است نه یك تکامل بیولوژیك انفرادی .

اکنون راه بزرگ و اصلی پیشرفت انسان تکامل بیولوژیك افرادبشر نیست، بلکه اصلاح زندگی مشترك آنان، یعنی پیشرفت شکل اجتماعی حرکت ماده است .

منابع کتاب

Bernal, J. D. *The Physical Basis of Life.* London, Routledge, 1951.

Blum, H. F. *Time's Arrow and Evolution.* Princeton, N. J., Princeton University Press, 1955.

Brachet, J. *Biochemical Cytology.* New York, Academic Press, 1957.

Bungenberg de Jong, H. G. *La coacervation, les coacervats et leur importance en biologie.* (Actualités sci. industr, no. 398). Paris, Hermann, 1936.

Calvin, M. Science, 180, 1170 (1959).

Darwin, F. *Life and Letters of Charles Darwin.* London, Murray, 1887

جلد سوم، صفحهٔ ۱۸، زیرنویس صفحه و نیز آثار دیگر چارلز داروین.

Dixon, M. and Webb, E. C. *Enzymes.* London, Longmans, 1958.

Engels, F. *Dialectics of Nature* (trans. C. Dutt). Moscow, Foreign

Languages Publishing - House, 1954.

Florkin, M. *Biochemical Evolution* (trans. S. Morgulis). New York, Academic Press, 1949.

Frey - Wissling, A. *Macromolecules in Cell Structure.* Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1957.

Giese, A. C. *Cell Physiology*. Philadelphia, Saunders, 1957.

Kluyver, A. J. and van Niel, C. B. *The Microbe's Contribution to Biology*. Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1956.

Koshtoyants, Kh. Osnovy, S. *Sravnitel'noy fiziologii*. Moscow, Izd. AN SSSR, 1957.

Krebs, H. A. and Kornberg, H.L. *Energy Transformations in Living Matter*. Berlin, Springer, 1957.

Lehninger, A. L. Revs. mod. Phys. 31,136 (1959).

Lysenko, T. D. *Agrobiologiya*. Moscow, Sel' - khozgiz, 1948.

Miller, S. L. J. Amer. Chem. Soc. 77, 2351 (1955).

Oparin, A. I. *The Origin of Life on the Earth* (trans. A. Synge). Edinburgh, Oliver & Boyd, 1957.

Oparin, A. I. et al. (ed) - *Proceedings of the First*

International Symposium on the Origin of Life on the Earth (English-French-Getmanedition). London. Pergamon, 1959.

Palade, G. E. — *Microsomal Particles and Protein Synthesis* (ed. R. B. Roberts), London, Pergamon, 1958.

Pavlov, I. P. — *Sobranie sochinenii*. Moscow, Izd. AN SSSR. 1951-2.

Prigogine, I. — *Introduction to the Thermodynamics of Irreversible Processes*. Springfield. Ill., Thomas, 1955.

Schmidt, O. Yu. — *Chetyre lektsii o teoriiproiskhozhdeniya zemli.* Moscow. Izd. AN SSSR, 1950.

Schroedinger, E. — *What is Life?* Cambridge, University Press, 1945.

Sechenov, I. M. — *Izbrannye Proizvedeniya*. Moscow, Uchpedgiz, 1958.

Sisakyan, N. M. — *Biokhimiya obmena veshchestv*. Moscow, Izd. AN SSSR, 1954.

Urey, H. C. — *The Planets, their Origin and Development* New Haven, Conn., Yale University Press, 1952.

Wiener, N. — *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and*

the Machine. New York, Wiley, 1949.

Wiener, N. *The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society*. Boston, Mass., Houghton Mifflin, 1950.

فهرست ماخذ پیشگفتار و زیرنویسهای مترجم

الف) منابع فارسی :

۱ـ کتاب مقدس ، عهد عتیق .

۲ـ شناخت حیات ، ترجمهٔ دکترمحمود بهزاد .

۳ـ حیات وعلت غایی، تألیف رووپر، ترجمهٔ منتشر نشدهٔ دکترعباس شیبانی .

۴ـ سیرحکمت در اروپا ، تألیف محمدعلی فروغی .

۵ـ فاوست، اثر گوته ، ترجمهٔ دکتر اسدالله مبشری .

۶ـ لیزوسوم (*Lysosome*)، بهقلم دکترالیسون (Dr. A. C. Allison) ، ترجمهٔ مترجم‌کتاب حاضر ازمجلهٔ Discovery، شمارهٔ ژوئیهٔ۱۹۶۵ ، مندرج درماهنامهٔ داروپزشکی، شمارهٔ ۳۶.

ب) منابع انگلیسی :

1- J. D. Bernal, *The Origin of Life* (1967).

2- K. L. Burdon, R. P. Williams, *Microbiology* (1964).

3- K. M. Bykov et al, *Text-Book of Physiology* (1958).

4- J. B. S. Haldane, *The Origin of Life* (1929)
(ضمیمهٔ کتاب «منشأ حیات» تألیف پرفسور برنال)

5- I.F. Henderson, J.H. Kenneth, *A Dictionary of Biological Terms* (1963).

6- N.H. Horowitz. S.L. Miller, *Current Theories on the Origin of Life* (1961).

7- J. Keosian, *The Origin of Life* (1964).

8- G. Mueller, *Carbonaceous Meteorites and the Origin of Life*, (1967).
(ضمیمهٔ کتاب «منشأ حیات» تألیف پرفسور برنال).

9 – J. R. Newman et al, *The International Encyclopedia of Science* (1965).

10- A. C. T. North, *The Structure of Lysozyme* (Science Journal, Nov. 1966).

11 - V. Obruchev, *Fundamentals of Geology* (1959).

12- A. I. Oparin, *the Origin of Life*, 1924
(ضمیمهٔ کتاب «منشأ حیات» تألیف پرفسور برنال)

13 - A. I. Oparin, *the Origin of Life*, 1936

14 - A. I. Oparin et al, *Proceedings of the First International Symposium on the Origin of Life on the Earth* (1959).

15- A. I. Oparin, *Life : Its Nature, Origin and Development* (1960).

16- A. I. Oparin, *the Chemical Origin of Life* (1964).

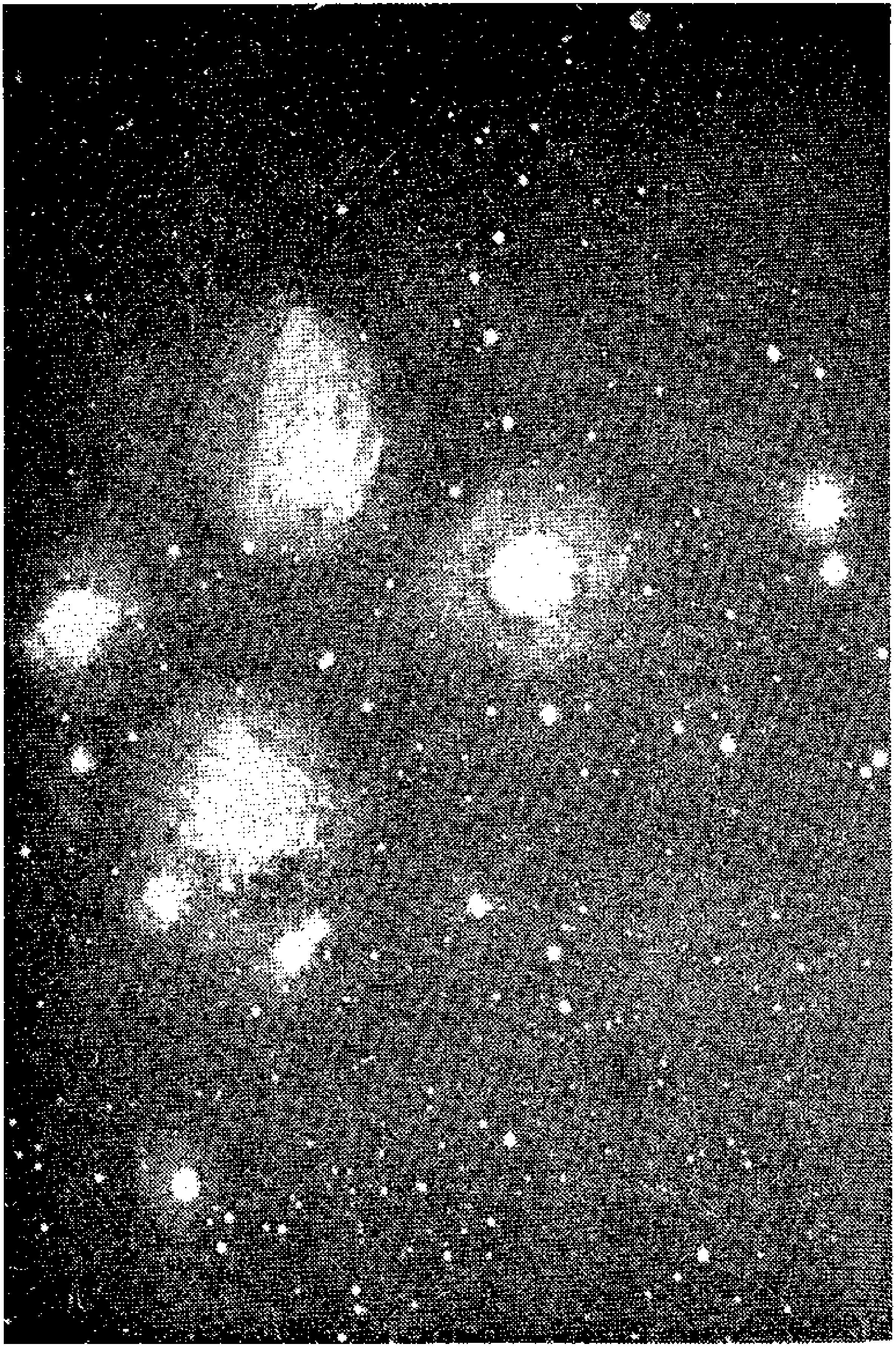
17- M. G. Rutten, *the Geological Aspects of the Origin of Life on Earth* (1962).

18- E. B. Uvarov, D.R. Chapman & A. Isaacs,

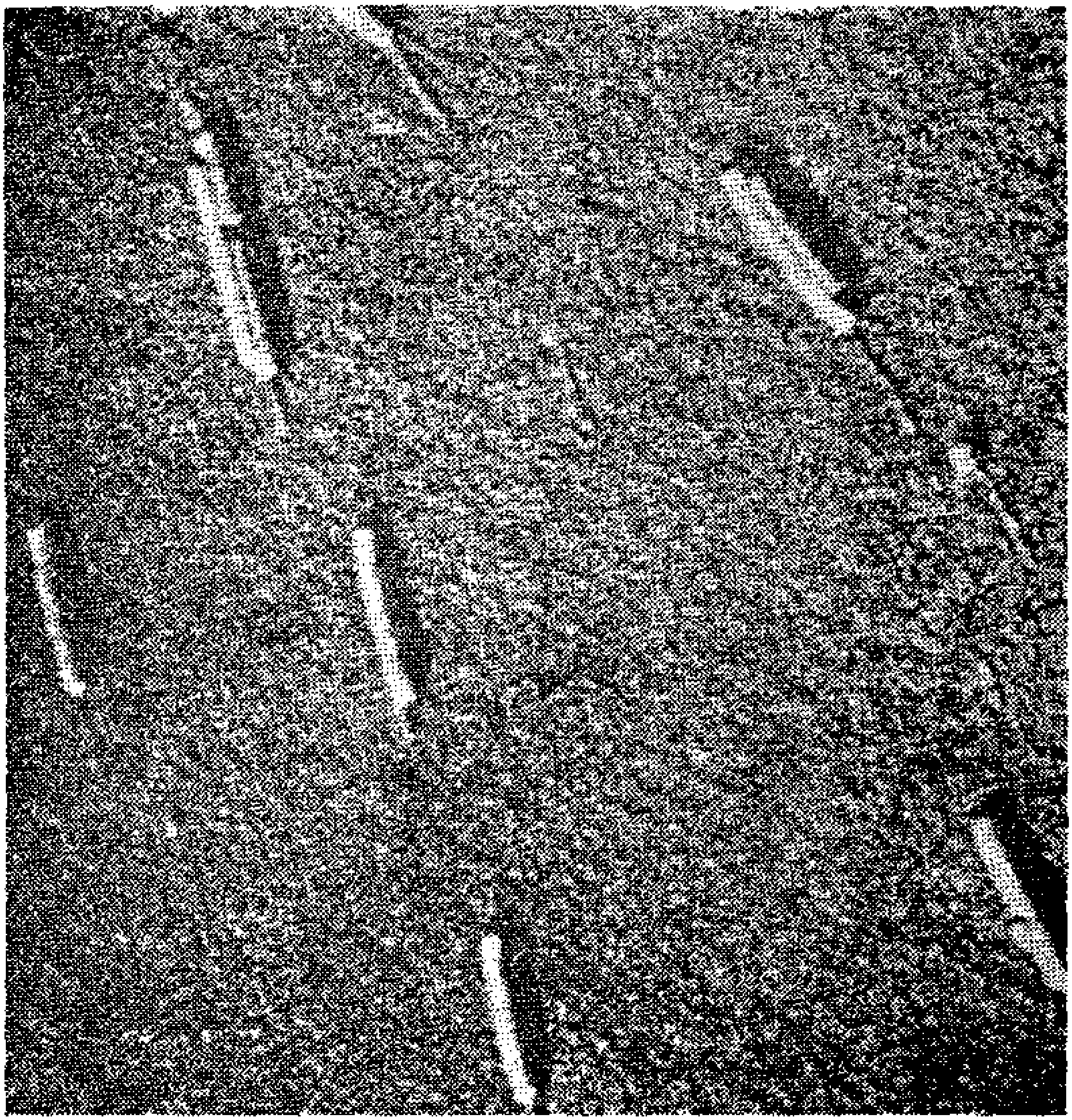
A Dictionary of Science (1964)

19- R. J. Weber, W. T. Taylor, *General Biology* (1961).

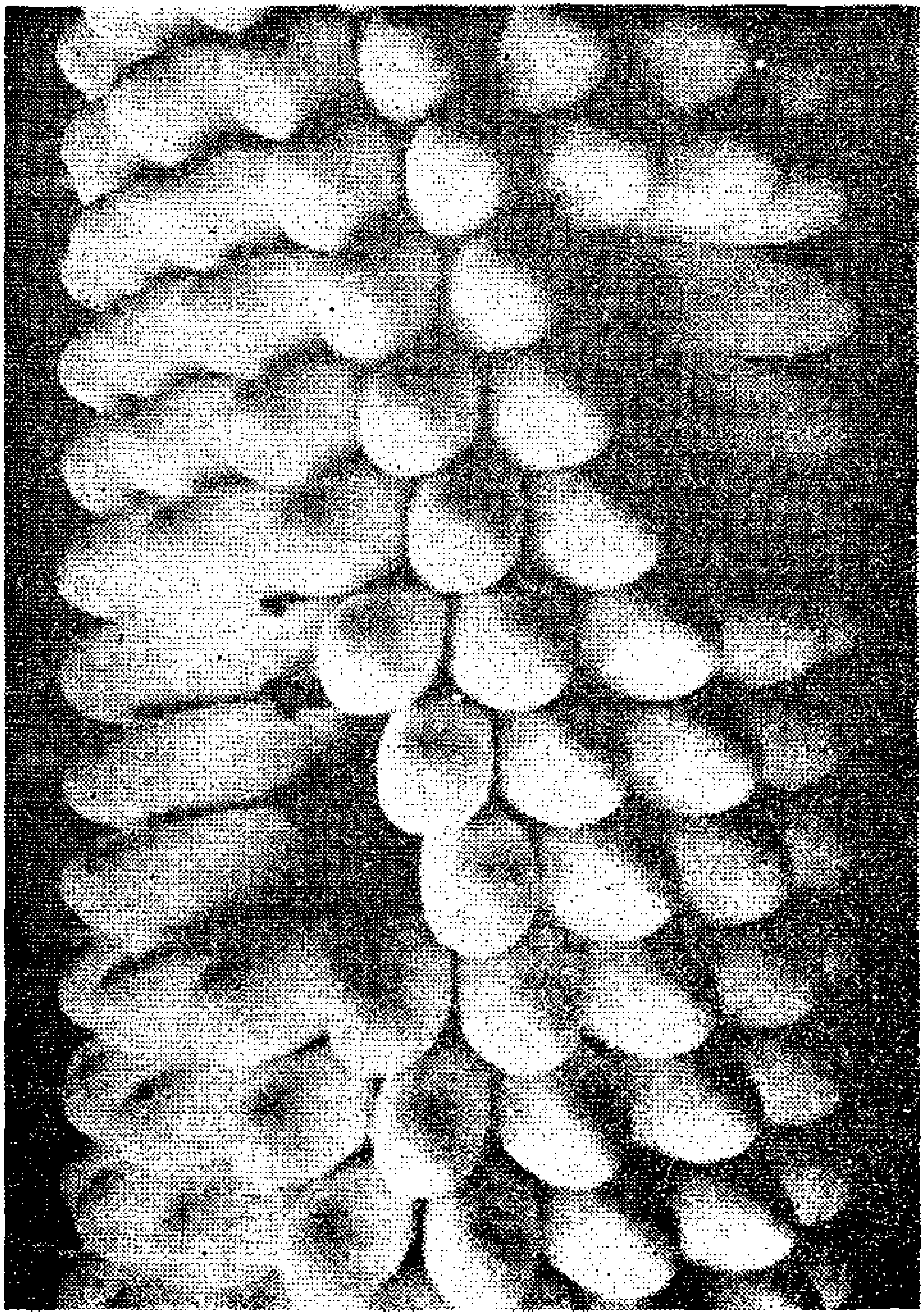
20 - E. West, W. R. Todd, *Text-Book of Biochemistry* (1963).



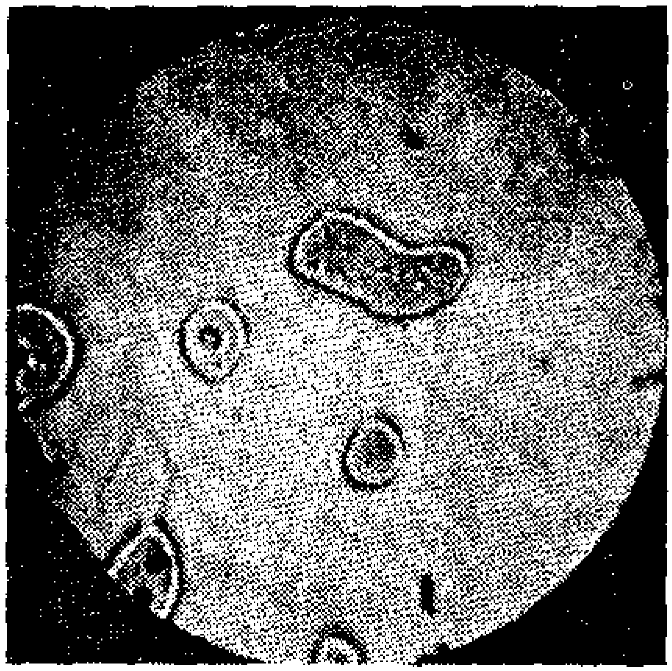
شکل ۲ـ ستارگان خوشهٔ پروین درمحاصرهٔ ابرغبار



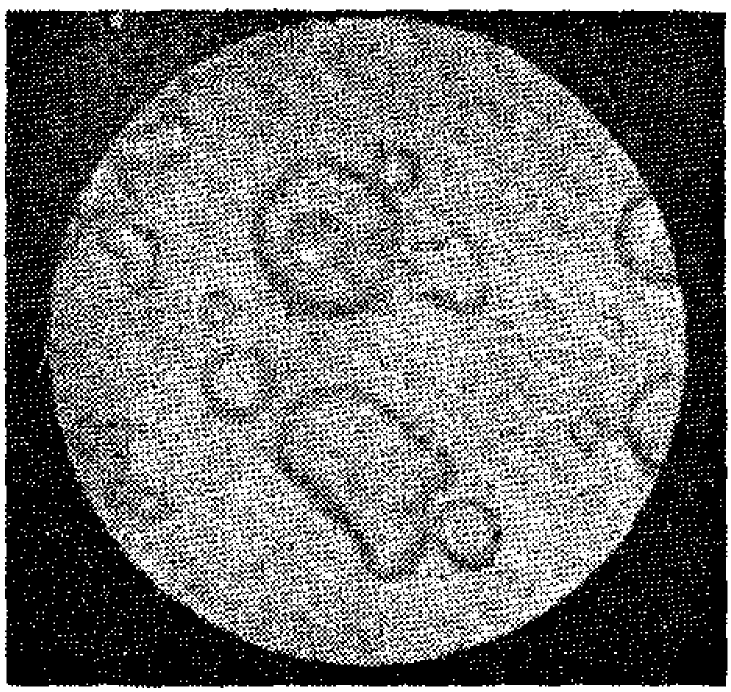
شکل ۳ـ ذرات ویروسی که پرتئین در بعضی از نقاط آنها برداشته شده است.
(ازهارت « Hart »)



شکل ۴ ـ مدل ساختمان پولکی یك ذرهٔ ویروس موزائیك توتون . بعضی ازواحدهای فرعی پرتئین برای نشان دادن رشتهٔ یك لایی RNA در داخل‌ویروس ازمدل حذف شده‌اند. ساختمان سیاهرنگ معرف RNA و ساختمان سفید نمودار پرتئین است.



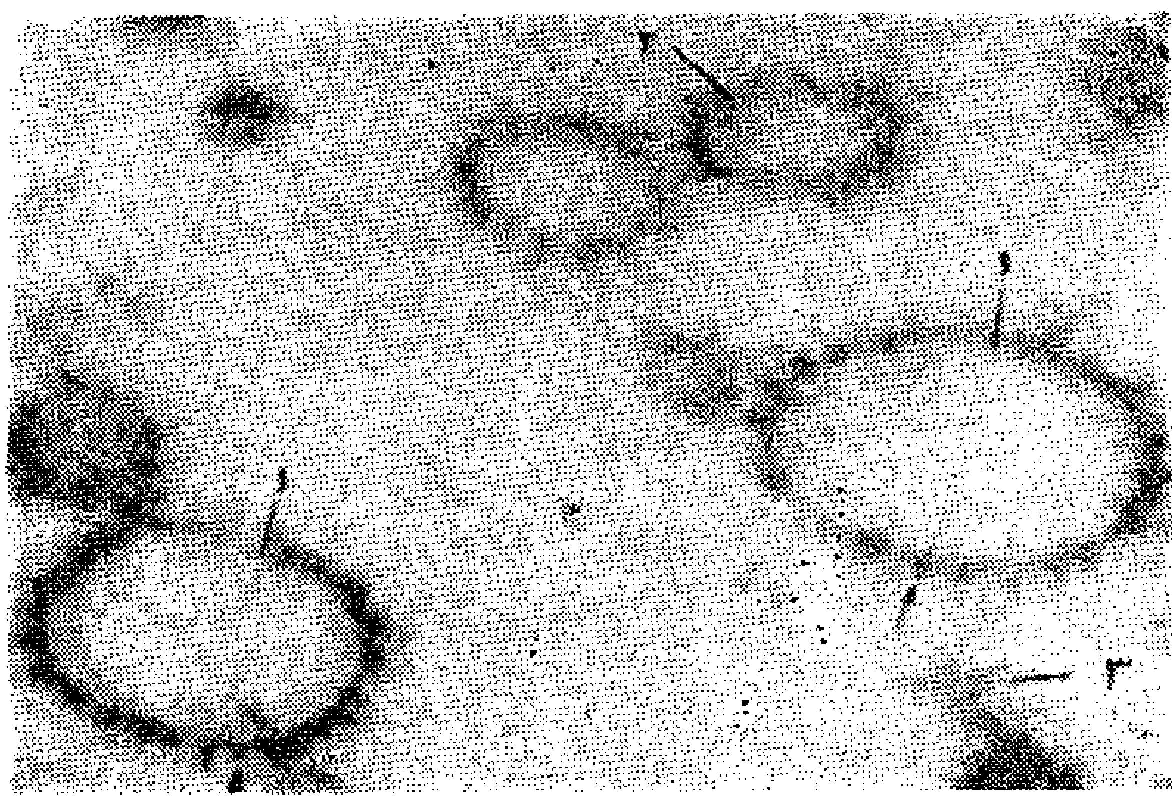
شکل ۵ ــ کوآسرواتهای سرم آلبومین و
صمغ عربی



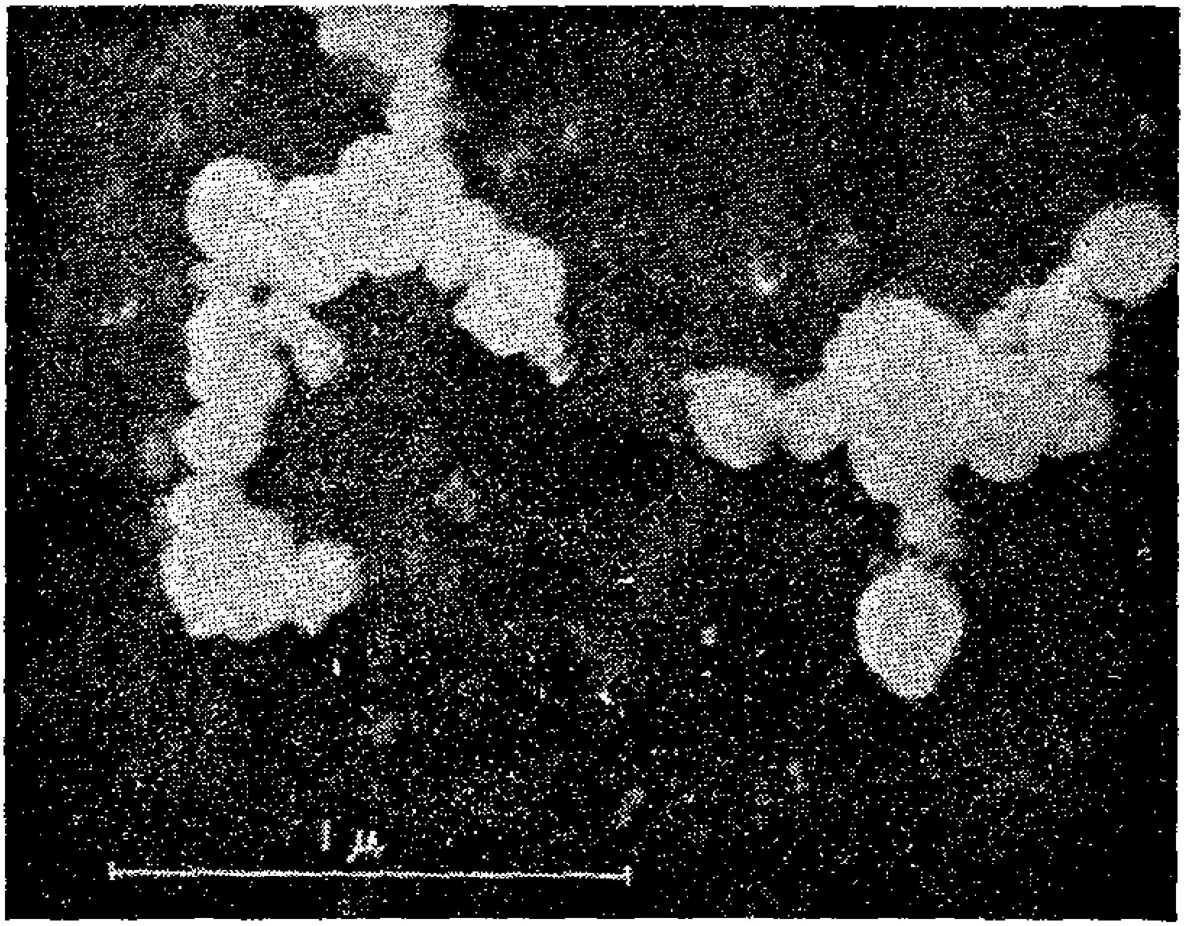
شکل ۶ ــ کوآسروات مرکب از سه جزء
ترکیبی ژلاتین، صمغ عربی و RNA



شکل ۸ـ تورینهٔ درون پلاسما با بزرگ‌نمایی ۴۵۰۰۰ × (ازپالاد)



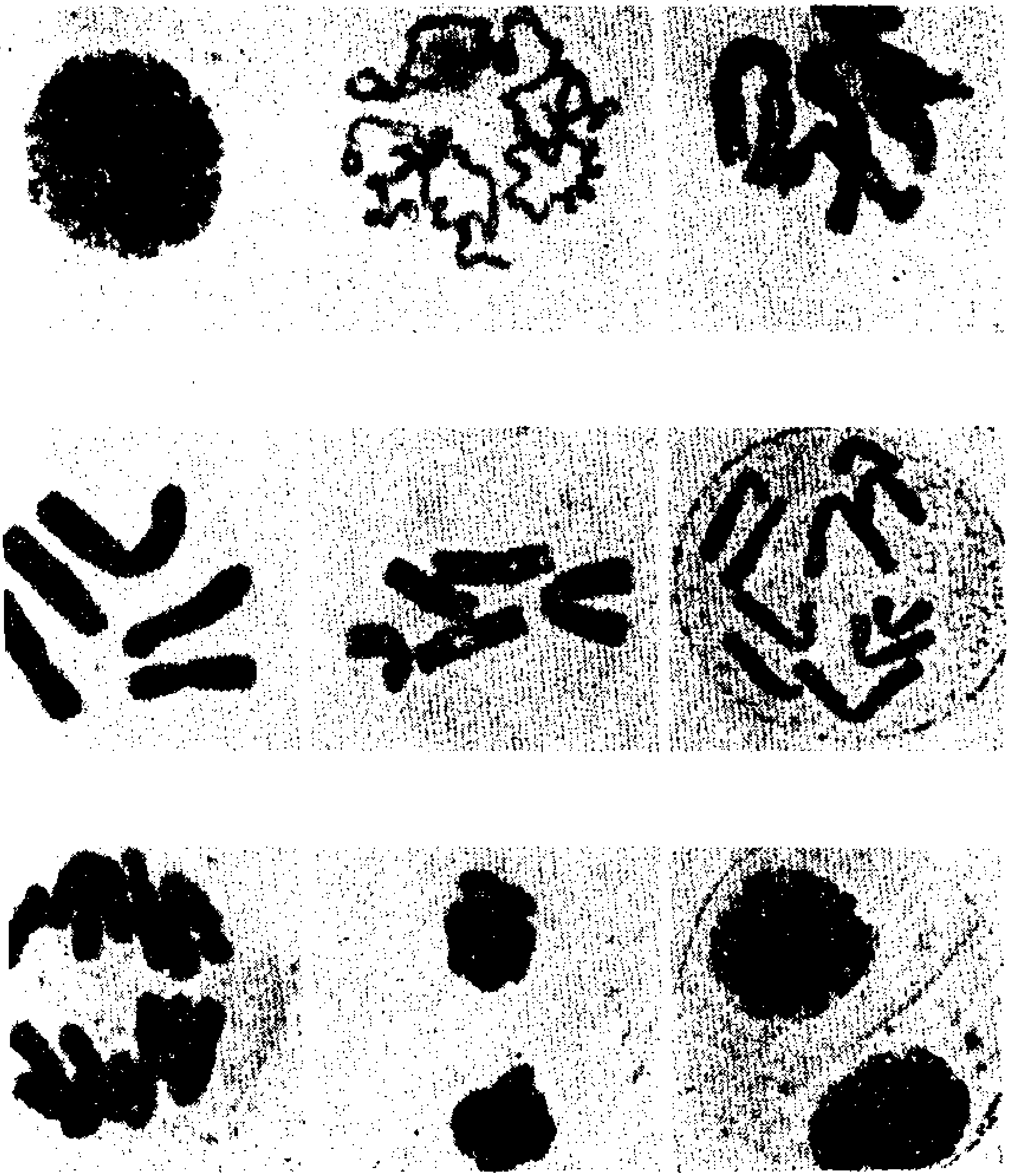
شکل ۹ـ میکروسومها با بزرگ نمایی ۱۵۰۰۰۰ × (از پالاد)
۱ـ مقطع میانی، ۲ـ مقطع نزدیک میانی، ۳ـ مقطع جانبی.
پیکانها دانه‌هایی را به قطرهایی درحدود ۱۵۰ آنگستروم نشان می‌دهند.



شکل ۱۲ ـ دانه‌های حاصل از کلروپلاستها



شکل ۱۵ ـ میتوکندریها ـ با بزرگنمایی ۳۱۰۰۰ ×



شکل ۱۶ــ مراحل میتوز درگیاهی به نام تریلیم (Trllium)،
گیاهی است ازجنس زنبق دره. ــ م.

بها: ۱۷۰ ریال